

A utilização de *cartoons* e *storytelling* no ensino da Física no ensino secundário - uma experiência de comunicação educativa

Versão final após defesa
Ana Cristina Maia Fernandes - M11097

Relatório para obtenção do Grau de Mestre
Mestrado em Ensino de Física e Química no 3^o ciclo do Ensino Básico e do Ensino Secundário
(2^o ciclo de estudos)

Orientadora: Prof. Doutora Sandra da Costa Henrique Soares
Co-orientadora: Prof. Doutora Sónia Manuela Martins de Sá

Abril de 2022

A imaginação é mais importante que o conhecimento, porque o conhecimento é limitado, ao passo que a imaginação abrange o mundo inteiro.

Albert Einstein

Agradecimentos

Em primeiro lugar, um profundo agradecimento à minha Orientadora Científica, a Professora Doutora Sandra Soares, pelas palavras constantes de incentivo, pela total dedicação e disponibilidade à realização deste trabalho. Pela paciência por me acompanhar neste trilho desafiador, que para mim é a Física, no fim do qual, a essência das coisas, e a finalidade da existência, persistem em inquietar-me. À minha Co-Orientadora Científica, a Professora Doutora Sónia Sá, que me ajudou a (re)encontrar as asas da imaginação e a conjugar ciência e comunicação. Aos meus Pais, por sempre me terem incentivado a prosseguir. Ao meu filho António, por dar brilho e uma vida artística aos meus desenhos. Aos meus alunos, que todos os dias me dão a conhecer a nova geração.

Declaração de Integridade

Eu, Ana Cristina Maia Fernandes, que abaixo assino, estudante com o número de inscrição M11097, do Mestrado em Ensino de Física e Química no 3º ciclo do Ensino Básico e Ensino Secundário da Faculdade de Ciências, declaro ter desenvolvido o presente trabalho e elaborado o presente texto em total consonância com o **Código de Integridade da Universidade da Beira Interior**.

Mais concretamente afirmo não ter incorrido em qualquer das variedades de Fraude Académica, e que aqui declaro conhecer, e que em particular atendi à exigida referenciação de frases, extratos, imagens e outras formas de trabalho intelectual, e assim, assumo na íntegra as responsabilidades de autoria.

Universidade da Beira Interior, Covilhã, 20 de Abril de 2022

Ana Cristina Maia Fernandes

Resumo

O objetivo deste estudo investigativo é avaliar a proposta pedagógica do *cartoon* conceitual e *storytelling*, no processo ensino-aprendizagem dos conceitos relacionados com o subdomínio energia e movimentos, no ensino secundário, no que diz respeito às concepções alternativas e aos conhecimentos adquiridos pelos alunos. Este estudo consiste num grupo de intervenção e num grupo de comparação, envolvendo duas turmas do 10^o ano de escolaridade do ensino secundário, de uma escola localizada na área metropolitana de Lisboa, através de uma sequência didática envolvendo *cartoons*, *storytelling* visual e fichas de trabalho incluindo simulações, recursos estes utilizados em comunicação educativa. As principais concepções alternativas encontradas vão de encontro ao reportado na literatura, ou seja a não distinção entre energia e força, a dificuldade do entendimento da aplicação de forças e ainda o conceito de trabalho como transferência de energia. Os resultados obtidos através de observação direta revelam que a estratégia permite melhorar a atitude dos alunos na disciplina de Física. Por outro lado, os mapas conceptuais construídos pelos alunos do grupo de investigação demonstram uma maior inter-relação dos conceitos face ao grupo de comparação. A avaliação quantitativa de um mapa conceptual demonstra uma taxa de respostas incorretas de 13,6% no grupo de investigação, face a 18,1% do grupo de comparação. A introdução de um elemento de emoção no ensino das ciências, poderá, assim, ajudar a reforçar a ligação entre a ciência da escola e a ciência real, e assim construir o seu conhecimento, num contexto de comunicação educativa.

Palavras-chave

cartoon, *storytelling*, comunicação, educativa, energia, ensino, aprendizagem, física

Abstract

The objective of this investigative study is to evaluate the pedagogical proposal of conceptual *cartoon* and *storytelling*, in the teaching-learning process of concepts related to the subdomain energy and movements, in secondary education, with regard to alternative conceptions and the knowledge acquired by students. This study consists of an intervention group and a comparison group, involving two classes of the 10th grade of secondary education, from a school located in the metropolitan area of Lisbon, through a didactic sequence involving *cartoons*, visual *storytelling* and worksheets including simulations and resources used in educational communication. The main alternative conceptions found are in line with what has been reported in the literature, that is, the non-distinction between energy and force, the difficulty in understanding the application of forces and also the concept of work as energy transfer. The results obtained through direct observation reveal that the strategy improves the attitude of students in the discipline of Physics. On the other hand, the concept maps built by the students of the research group demonstrate a greater interrelationship of the concepts compared to the comparison group. The quantitative evaluation of a concept map shows an incorrect response rate of 13.6% in the research group, compared to 18.1% in the comparison group. The introduction of an element of emotion in science teaching can thus help to strengthen the link between school science and real science, and thus build their knowledge, in a context of educational communication.

Keywords

cartoon, storytelling, educational communication, energy, teaching, learning, physics

Índice

	i
Agradecimentos	ii
	iii
Resumo	iv
Abstract	v
Índice	vi
Lista de Figuras	viii
Lista de Tabelas	ix
Lista de Acrónimos	x
1 Introdução	1
1.1 Contextualização da Formação inicial <i>versus</i> Formação Continuada	1
1.2 Reflexão Autobiográfica	1
2 Enquadramento e Realização da Prática Profissional	3
2.1 Contexto	3
2.1.1 Caracterização do Concelho de Sintra	3
2.1.2 Caracterização do Agrupamento de Escolas	3
2.1.3 Caracterização das Turmas	5
2.2 Intervenção	6
2.2.1 Componente não-letiva	6
2.2.2 Componente Letiva	8
3 Estudo de Investigação	11
3.1 O currículo da Física no Ensino Secundário	11
3.1.1 Análise do contexto histórico do ensino da Física em Portugal	11
3.1.2 Atuais diretivas e documentos orientadores à luz da legislação atual	11
3.2 Aprendizagem da Física no Ensino Básico e Secundário	13
3.2.1 Dificuldades sentidas pelos alunos na aprendizagem da Física	13
3.2.2 Teorias de Aprendizagem	13
3.2.3 O ensino do domínio de energia em Física	14

3.2.4	Análise das principais concepções alternativas encontradas na literatura relativas à aprendizagem do conceito <i>Energia</i> neste nível de escolaridade, no que concerne às causas, categorias e propostas para as ultrapassar	19
3.3	A comunicação educativa e <i>storytelling</i> no ensino da Física	21
3.3.1	A alternativa da comunicação educativa	21
3.3.2	A utilização de ferramentas de comunicação em sala de aula	24
3.4	Metodologia	30
3.4.1	Questões e objetivos de investigação	30
3.4.2	Design e técnicas de recolha de dados	31
3.4.3	Concepção do <i>storytelling</i> , planificação e desenho dos <i>cartoons</i>	31
3.4.4	Campo onde se desenvolve a investigação	37
3.4.5	Desenvolvimento das aulas do grupo de intervenção e comparação	37
3.5	Análise de Resultados	39
3.5.1	Análise dos resultados da ficha de diagnóstico antes da intervenção	39
3.5.2	Resultados obtidos durante a intervenção	43
3.5.3	Resultados obtidos através dos mapas conceptuais antes e após a intervenção	43
3.6	Discussão dos resultados	46
3.7	Conclusões e sugestões para futuras investigações	48
	Referências	51
A	Anexos	57
A.1	Resumo da Comunicação VII Ciclo de Conferências	57
A.2	Planificação da Aula de Física e Química A (Química) 10 ^o ano	59
A.3	Planificação da Aula de Físico-Químicas 7 ^o ano	66
A.4	Ficha de Diagnóstico	72
A.5	<i>Storytelling</i> da Sequência didática	76
A.6	Ficha de Trabalho n ^o 1	87
A.7	Ficha de Trabalho n ^o 2	90
A.8	Ficha de Trabalho n ^o 3	96
A.9	Ficha de Trabalho n ^o 4	99

Lista de Figuras

2.1	<i>Chemtree</i>	7
3.1	<i>Cartoon</i> conceptual sobre o conceito impulso na Mecânica (Ingec, 2010). . .	26
3.2	<i>Cartoon</i> conceptual sobre o conceito de transferência de energia (Tatalovic, 2009).	27
3.3	<i>Cartoon</i> conceptual sobre a Terceira Lei de Newton (Atasoy & Ergin, 2016). . .	27
3.4	<i>Cartoon</i> sobre o muão g-2 (Comics, 1997).	28
3.5	<i>Cartoon</i> sobre gravidade de Calvin & Hobbes (Ramos & Piassi, 2012).	28
3.6	Forças fictícias em Mecânica (Gonick & Huffman, 1996) pp:69.	29
3.7	Conceito de aceleração (Nitta & Keita, 2011) pp:45.	30
3.8	Esquematização dos conceitos teóricos que suportam o estudo investigativo. . .	31
3.9	Slides do <i>Storytelling</i> . Elaborado pela autora. Anexo A.5.	32
3.10	<i>Cartoon</i> conceptual utilizado na Ficha de Trabalho 1 (Conceitos de Força, Energia e Trabalho). <i>Cartoon</i> Elaborado pela autora.	33
3.11	Diálogo sobre a resolução de uma situação problemática (Ficha de Trabalho sobre a Conservação de Energia Mecânica) elaborada pela autora	33
3.12	<i>cartoon</i> sequencial utilizado na Ficha de Trabalho 4 (Teorema da Energia Cinética). Elaborado pela autora.	34
3.13	Mapa conceptual construído na plataforma Bubb.us que serve de base ao exercício formativo.	35
3.14	Etapas da Investigação-Ação deste trabalho.	37
3.15	Composição do grupo de intervenção.	39
3.16	Composição do grupo de comparação.	40
3.17	Resultado da ficha de diagnóstico do grupo de comparação e intervenção. . .	41
3.18	Resultados por sexo do grupo intervenção.	42
3.19	Resultados por sexo do grupo de comparação.	42
3.20	Exemplo de Mapa Conceptual produzido por um aluno do grupo de intervenção.	44
3.21	Exemplo de Mapa Conceptual produzido por um aluno do grupo de comparação.	45
3.22	Resultados das questões relacionadas com o Mapa Conceptual.	46

Lista de Tabelas

2.1	Caracterização da oferta curricular na escola secundária do Agrupamento (adaptado da página web do Agrupamento de Escolas) (Agrupamento de Escolas Monte da Lua, 2017).	4
2.2	Caracterização da Turma 1 do 10º ano de escolaridade do Curso de Ciências e Tecnologia.	5
2.3	Caracterização da Turma 2 do 10º ano de escolaridade do Curso de Ciências e Tecnologia.	6
3.1	Conhecimentos, Capacidades e Atitudes e exemplos de Ações Estratégicas para o subdomínio “Energia e Movimentos” (adaptado de AE de Física e Química A, 2018).	12
3.2	Etapas do processo de ensino-aprendizagem e respetivas características (adaptado de (Ipek Akbulut & Calik, 2008) e (Chang, 2005)	14
3.3	Formas de armazenamento e transferências de energia.	17
3.4	Principais categorias e subcategorias nas conceções alternativas, encontradas na literatura (adaptado de (Liu & Fang, 2017) e (Valadares, 1995)). . .	20
3.5	Resumo das atividades propostas envolvendo <i>Cartoons</i> e <i>Storytelling</i> . . .	36
3.6	Sumário, estratégias e competências a desenvolver nas aulas.	38
3.7	Composição do grupo de intervenção e grupo de comparação.	39
3.8	Resultados obtidos a partir da Ficha de Diagnóstico.	40
3.9	Grelha de registos de observação durante a sequência didática.	43
3.10	Comentários dos alunos do Grupo de Intervenção que demonstram motivação, conhecimento, auto-análise e diálogo.	43
3.11	Resultados das questões relacionadas com o Mapa Conceptual.	45

Lista de Acrónimos

UBI	Universidade da Beira Interior
AE	Aprendizagens Essenciais
PASEO	Perfil do Aluno à Saída da Escolaridade Obrigatória
CSTA	Ciência, Tecnologia, Sociedade e Ambiente
ENEC	Estratégia Nacional para a Cidadania
EE	Encarregados de Educação
CT	Conselho de Turma
DT	Direção de Turma
LIP	Laboratório de Instrumentação e Física Experimental de Partículas
ODS	Objetivos para o Desenvolvimento Sustentável
TIC	Técnicas de Informação e Comunicação

Capítulo 1

Introdução

1.1 Contextualização da Formação inicial *versus* Formação Continuada

O presente trabalho foi desenvolvido no âmbito do Mestrado em Ensino de Física e Química no 3º ciclo do Ensino Básico e no Ensino Secundário, na Universidade da Beira Interior. Sendo a minha formação inicial na área da Química, constituiu este ciclo de estudos uma profunda mais-valia na minha formação, não só pelos temas abordados na área da Educação, Psicologia, mas também da Física e da Química, mas sobretudo pelas metodologias, estratégias e recursos com as quais me confrontei ao longo destes anos. Este conhecimento que se veio somar à minha experiência profissional, dentro e fora da Escola, como professora e formadora, fez-me conduzir a alteração no meu *modus operandi* dentro da sala de aula. A integração de ferramentas digitais e de comunicação educativa, no meu dia a dia foi-se tornando assim uma constante, conjugando-se com práticas mais conservadoras.

1.2 Reflexão Autobiográfica

Ao longo de vários anos de ensino tive o privilégio de ser professora no ensino regular, no ensino recorrente e no ensino profissional. Fora da escola, como formadora e gestora de formação, enriqueci-me profissionalmente, permitindo-me também essa experiência, um outro olhar sobre a Escola. Tendo uma experiência anterior de lecionação, interessou-me investigar como desenvolver no ensino regular, na disciplina de Física e Química A, do 10º ano de escolaridade, um processo de ensino-aprendizagem motivador. Isto porque, se por um lado a disciplina bial é de carácter específico e opcional (esperando-se encontrar alunos motivados), por outro é uma das disciplinas que mais apreensão causa nos alunos, levando a que muitas vezes refiram que “é a disciplina que gosto menos” ou “é interessante, mas nunca a percebi”. A estes fatores, acresce o facto de o 10º ano ser um ano especialmente importante para os alunos, ao constituir a transição do ensino básico para o ensino secundário, numa área de estudos particularmente exigente, obrigando a uma maior dedicação. O domínio da energia é abordado no 10º ano, sendo essencial à compreensão de conteúdos que serão posteriormente aprendidos no 11º ano. Muitas vezes, os alunos demonstram dificuldades várias, nomeadamente em termos de linguagem científica. Dispor de mais tempo para a prática de exercícios ou mesmo para a realização de mapas conceituais seria benéfico. No entanto, tenho optado, por explorar outro caminho, que inicio nas

aulas do 9º ano do ensino básico, que consiste na utilização de *cartoons*¹ conceptuais no domínio da energia. A razão desta opção prende-se primeiramente com um gosto pessoal pela Banda Desenhada, mas sobretudo com a própria definição de energia, extremamente abstrata para alunos destes anos de escolaridade. Devendo um professor desenvolver um espírito investigativo, aquando da sua prática, e sendo a utilização de *cartoons* e *storytelling*², no ensino, tema pouco ou nada aprofundado na área das ciências, pretende este trabalho ser inovador, articulando as Aprendizagens Essenciais (AE) e o Perfil do Aluno à Saída da Escolaridade Obrigatória (PASEO) e assim avaliar esta proposta pedagógica (do *cartoon* conceptual e *storytelling*) no processo ensino-aprendizagem dos conceitos de energia e movimentos, no ensino secundário, no que diz respeito aos conhecimentos adquiridos pelos alunos e também à sua motivação para o estudo da Física. Este relatório está estruturado em duas partes: na primeira parte, encontra-se um Enquadramento e Realização da Prática Profissional, introduzindo o respetivo contexto escolar de uma escola secundária da região metropolitana da área de Lisboa e a intervenção realizada; na segunda parte encontra-se o Estudo de Investigação propriamente dito, incluindo uma introdução teórica, referindo-se a metodologia utilizada, resultados alcançados e uma conclusão e perspetivas futuras de investigação.

¹Cartoon conceptual entende-se neste trabalho como uma representação gráfica de uma situação que pretende explicar um determinado fenómeno, permitindo a assunção de várias perspetivas baseadas na literatura, através da utilização de um texto reduzido, permitindo assim aos alunos o confronto das suas ideias

²Storytelling entende-se neste trabalho como a combinação de histórias com elementos multimédia (animação, vídeo ou áudio) e texto

Capítulo 2

Enquadramento e Realização da Prática Profissional

2.1 Contexto

2.1.1 Caracterização do Concelho de Sintra

Sintra é um dos concelhos suburbanos da cidade de Lisboa, integrando a sua área metropolitana. Possui uma área de 319,2 km² e uma população total de 385.954 habitantes, segundo os Censos (INE, 2021) o que se traduz por um aumento de 2,1% em relação a 2011. Segundo a Pordata (Pordata, 2009), os trabalhadores por conta de outrem auferem em média 1220,70 euros, um valor acima da média nacional que é 1206,30 euros. O número médio de anos de escolaridade de Sintra situa-se em 10,7, próximo da média nacional, de 10,5 anos de escolaridade. Possui a terceira menor taxa de analfabetismo do país (2,5%), sendo apenas ultrapassado por Cascais e Oeiras. Sintra possui a sétima maior disparidade de salário, por sexo, da Área Metropolitana de Lisboa. A população inscrita no Instituto do Emprego e da Formação Profissional (entre 15-64 anos) corresponde a 5,0% dos seus habitantes, 0,8% abaixo da média nacional. O setor terciário (comércio, atividades administrativas e restauração) emprega quase 50% da população do concelho, seguido do setor da construção (10,0%) e da indústria (13,0%). Relativamente ao número de alunos verifica-se um decréscimo, uma vez que em 2020 estavam matriculados 57.524 alunos, o que corresponde a menos 9.741 do que em 2009. Face à população residente em idade escolar, Sintra tem o terceiro rácio mais baixo da Área Metropolitana de Lisboa. O Concelho de Sintra possui 36 Estabelecimentos de Ensino do 3º Ciclo do Ensino Básico e 19 Estabelecimentos de Ensino do Ensino Secundário, contabilizando o ensino público e o privado. Em termos de ensino público totaliza 27 escolas com o 3º ciclo e 12 de Ensino Secundário. O concelho possui ainda um estabelecimento de ensino superior.

2.1.2 Caracterização do Agrupamento de Escolas

O Agrupamento situa-se na freguesia de Santa Maria, São Miguel, São Martinho e São Pedro de Penaferrim, que abrange uma área com cerca de 95 km² que totaliza um número global de 29.974 habitantes. A área de influência do Agrupamento, principalmente no que diz respeito à Escola Secundária de Santa Maria, extravasa os limites das freguesias, integrando alunos da União de Freguesias de Algueirão-Mem Martins, São João das Lampas e Terrugem, Pêro Pinheiro, Montelavar e Almargem do Bispo. Como curiosidade, Ptolomeu chamou de Monte da Lua à serra de Sintra, considerada já um monte sagrado, sendo associada a um local de culto à Lua. Ao Agrupamento pertencem onze escolas, das quais

fazem parte duas escolas de 3º ciclo e a Escola Secundária (escola sede), que possui um Centro Qualifica. No presente ano letivo, a oferta formativa da Escola Secundária inclui os cursos científico-humanísticos, cursos profissionais e Educação de Adultos.

Tabela 2.1: Caracterização da oferta curricular na escola secundária do Agrupamento (adaptado da página web do Agrupamento de Escolas) (Agrupamento de Escolas Monte da Lua, 2017).

Tipo de Oferta	Cursos
Cursos científicos-Humanísticos	- Ciências e Tecnologias - Línguas e Humanidades - Ciências Económicas - Artes Visuais
Cursos Profissionais	- Técnico Auxiliar de Saúde - Técnico de Turismo - Técnico de Secretariado - Técnico de Multimédia - Técnico de Apoio Psicossocial - Intérprete / Ator / Atriz
Formação de Adultos	- Cursos EFA - Formações Modulares Certificadas - Cursos Português Língua de Acolhimento

Relativamente à Comunidade Educativa, frequentam o Agrupamento cerca de 3.700 crianças, jovens e adultos, sendo que o curso com maior número de alunos é o de Ciências e Tecnologias. Desta população escolar, 6% integra cursos profissionais e 5%, educação de adultos.

O Projeto Educativo do Agrupamento refere que o mesmo se norteia por:

um paradigma educativo em que os fatores individuais e familiares, a origem social e as experiências de vida não são fatalismo, em que o tempo é singular, em que prevalece a aprendizagem e não a classificação, em que o saber se pretende global e não fragmentado. Esta visão educativa, que se pretende social e ecologicamente sustentável, é guiada pela utopia de que é possível transformar o Mundo.

Projeto Educativo do Agrupamento de Escolas do Monte da Lua (p.15) (Agrupamento de Escolas Monte da Lua, 2017).

Por outro lado, o Projeto Educativo refere que a missão do Agrupamento é:

criar um clima de escola amigável e securizante que assegure a capacitação das suas crianças, jovens e adultos em múltiplas dimensões, cognitiva, afetiva, relacional, psicomotora e, ao mesmo tempo, desafiante onde todos possam exercer e valorizar as suas capacidades, talentos, desempenhos e projetos.

Projeto Educativo do Agrupamento de Escolas do Monte da Lua (p.12) (Agrupamento de

Escolas Monte da Lua, 2017).

2.1.3 Caracterização das Turmas

A intervenção foi realizada em duas turmas distintas do 10^o ano de escolaridade do Curso de Ciências e Tecnologias. A caracterização das duas turmas encontra-se nas tabelas 2.2 e 2.3. De um modo geral existe um ambiente de respeito mútuo entre colegas e com os diferentes professores da turma. Existe também empatia entre a docente e os alunos, o que favorece o desenvolvimento do trabalho em sala de aula. Os alunos mostram-se interessados, e por vezes curiosos, embora revelem fragilidades científicas e conceptuais, bem como algumas dificuldades ao nível da interpretação de enunciados. É notória também alguma debilidade na construção de raciocínio lógico e na resolução de problemas matemáticos.

Tabela 2.2: Caracterização da Turma 1 do 10^o ano de escolaridade do Curso de Ciências e Tecnologia.

Número Total de Alunos	
28	
Sexo Feminino	14
Sexo Masculino	14
Número de Alunos com Apoio Social Escolar (ASE)	
7	
Número de Alunos com Retenção	
0	
Número de Alunos com Necessidades Educativas Especiais (NEE)	
1	
Nacionalidade do Aluno/a	
Portuguesa	26
Brasileira	2
Nível de Escolaridade da Mãe	
Desconhecido	5
3 ^o Ciclo	1
Ensino Secundário	6
Pós-Graduação	1
Bacharelato	1
Licenciatura	11
Mestrado	2

Tabela 2.3: Caracterização da Turma 2 do 10^o ano de escolaridade do Curso de Ciências e Tecnologia.

Número Total de Alunos	
29	
Sexo Feminino	17
Sexo Masculino	12
Número de Alunos com Apoio Social Escolar (ASE)	
8	
Número de Alunos com Retenção	
4	
Número de Alunos com Necessidades Educativas Especiais (NEE)	
0	
Nacionalidade do Aluno/a	
Portuguesa	29
Nível de Escolaridade da Mãe	
Desconhecido	17
3 ^o Ciclo	4
Ensino Secundário	7
Pós-Graduação	1
Bacharelato	0
Licenciatura	0
Mestrado	0

De salientar a informação na tabela 2.2 e 2.3, relativamente à escolaridade da mãe. Justifica-se pela forte correlação existente entre o desempenho dos alunos e as habilitações literárias da mãe, demonstrada por um estudo da Direção-Geral de Estatísticas da Educação e Ciência (DGEEC, 2016).

2.2 Intervenção

As atividades descritas abaixo englobam a componente não letiva e letiva desenvolvida na escola durante o ano letivo. No âmbito do tema deste trabalho, foi ainda realizada uma apresentação pela autora no VII Ciclo de Conferências da Faculdade de Ciências da Universidade da Beira Interior, intitulada “Somos todos pó de estrelas – uma proposta para o ensino da origem do Universo”, em que se apresentou uma proposta didática, com base num cartoon planificado e desenhado, inspirado numa analogia presente no livro “Physical Science” (Hewitt, 2015).

2.2.1 Componente não-letiva

A componente não-letiva faz parte do trabalho a realizar nas escolas pelos professores. É referido no Estatuto da Carreira Docente, o Decreto Lei n^o 41/2012 (Diário da República n^o37/2012, 2012), um conjunto de atividades que vão desde a coordenação pedagógica, produção de materiais pedagógicos, colaboração em atividades de complemento curricular, conforme expresso pelo artigo 35^o. Os deveres para com os pais e Encarregados de Educação encontram-se também expressos pelo artigo 10-C, passando pela informação regular do desenvolvimento das aprendizagens dos seus educandos ou ainda a promo-

ção da participação ativa dos pais e Encarregados de Educação, com vista à colaboração estreita no processo de aprendizagem.

2.2.1.1 Direção de Turma

A Direção de Turma (DT) é uma das atividades mais importantes numa escola, já que implica capacidade de coordenação e interação entre os professores do Conselho de Turma (CT) e os Encarregados de Educação (EE) e alunos. Foram funções da docente, numa das turmas do 10^o ano de escolaridade, para além da informação prestada aos Encarregados de Educação através de contactos pontuais, acerca do aproveitamento, assiduidade e comportamento dos alunos, a preparação de reuniões semestrais e intercalares, a caracterização da turma, o Plano de Turma, incluindo este último o Projeto Anual de Cidadania.

2.2.1.2 Visitas de Estudo

No dia 16 de dezembro de 2021, a docente acompanhou os alunos ao MU.SA - Museu das Artes de Sintra, a uma exposição, seguida de workshop, da artista Ceija Stojka, inserida no programa “Celebração da Cultura Rom”. Esta atividade encontra-se inserida no Projeto Anual de Cidadania, cujo tema principal é os Direitos Humanos.

2.2.1.3 Chemtree

No âmbito da comemoração do Natal, a docente, juntamente com uma Assistente Operacional da Escola, elaborou esta Árvore de Natal Química, designada por *Chemtree*. Contém material de vidro de laboratório, água líqüida com corantes alimentares, fios elétricos, modelos moleculares e ainda pompets. A sua existência foi divulgada a toda a comunidade escolar através da página do Agrupamento.



Figura 2.1: *Chemtree*

2.2.1.4 Planeamento de Atividades de Dia Aberto

No âmbito da atividade de Educação e Divulgação do Laboratório de Instrumentação e Física Experimental de Partículas (LIP) foi realizada a palestra intitulada “ABG da Radioatividade”, apresentada na Escola Secundária pela Professora Doutora Sandra Soares, no dia 23 de Março. Esta atividade foi organizada pela docente em colaboração com o Grupo Disciplinar de Física e Química, tendo havido a participação de cinco turmas da escola do curso de ciências e tecnologia: uma do 12º ano, uma do 11º ano e três do décimo ano, acompanhadas pelo respetivo docente. Na sequência desta atividade, foi solicitado à Profª Sandra Soares, um conjunto de questões sobre o conteúdo da palestra, para que os alunos do 10º ano de escolaridade (da autora) possam realizar um instrumento de avaliação conjunto com a disciplina de Biologia e Geologia, que possa não só incidir sobre o átomo e sua constituição, mas também os efeitos da radiação na molécula de ADN.

2.2.2 Componente Letiva

A Escola, vivendo tempos de inovação e transformação, deve potenciar experiências de aprendizagem diversificadas que tenham como foco: (1) valorizar o protagonismo dos alunos como produtores de saberes; (2) favorecer a construção de situações de trabalho culturalmente significativas; (3) incentivar o estabelecimento de relações interpessoais. Por outro lado, a construção de uma escola inclusiva deve corresponder à diversidade dos seus alunos, de modo que as diferenças individuais sejam respeitadas e constituam oportunidades pedagógicas para a promoção das aprendizagens (Cosme, Lima, Ferreira, & Ferreira, 2021).

A disciplina de Física e Química A integra a componente específica do Curso de Ciências e Tecnologias, no que diz respeito ao Ensino Secundário, sendo bienal, nos 10º e 11º anos de escolaridade. Os conteúdos estão organizados por domínios e subdomínios, incluindo temas de Física e Química, que visam aprofundar os estudos já realizados na disciplina de Ciências Físico-Químicas do 3º ciclo do Ensino Básico.

Sendo a literacia científica a capacidade de um indivíduo se envolver em questões relacionadas com as ciências e de compreender ideias científicas, de forma reflexiva, torna-se necessário que venha a desenvolver competências específicas, como por exemplo, a capacidade de explicar fenómenos científicos, avaliar e conceber investigações científicas e interpretar dados e evidências científicas (OCDE, 2018). Por outro lado, numa sociedade de contornos imprevisíveis, em que a sociedade do conhecimento dá origem a cidadãos digitais, estas novas competências, aliadas à criatividade e resiliência, são os ingredientes necessários aos mais jovens, para enfrentar o futuro com otimismo. Ciência e Tecnologia constituem atualmente uma complexa relação, já que os cidadãos não apenas usufruem da ciência para o seu bem-estar, mas também são chamados a dar a sua opinião para questões de natureza científica com implicações sociais (Departamento de Educação Básica, Ministério da Educação, 2001). O documento Perfil do Aluno à Saída da Escolaridade Obrigatória, ao privilegiar competências (dentro das quais se inclui o saber científico, técnico e

tecnológico), valores e princípios (DGE, 2017) assume-se como um referencial para educação escolar desta geração, que, aliado à Estratégia Nacional para a Cidadania (ENEC), se junta às Aprendizagens Essenciais (AE) da disciplina de Física e Química A do 10^o ano, contribuindo estas para o desenvolvimento das ditas competências. As AE referem o incentivo ao trabalho de grupo e também à interligação entre o conhecimento da Física e da Química, com a tecnologia e o seu impacto na sociedade e no ambiente. Promover estratégias que envolvam a criatividade dos alunos ou que desenvolvam o pensamento crítico e analítico, são também referidas pelas AE. Por outro lado, a sala de aula, sendo um espaço privilegiado de diálogo, deve fazer com que o professor analise as convicções prévias do aluno e as suas experiências, de forma que os pontos de partida permitam, em consonância com estratégias utilizadas, a evolução conceptual (Morgado, 2007).

2.2.2.1 Planificação das Aulas

Indo de encontro aos documentos orientadores, e tendo por base a planificação anual do grupo disciplinar, incorporou-se na planificação das aulas, elementos de ferramentas digitais, como simuladores, CTSA (Ciência, Tecnologia, Sociedade e Ambiente) e ainda práticas letivas como o diagnóstico de ideias prévias dos alunos e o trabalho em grupo. O plano de aula, que se encontra no anexo A.2, foi enquadrado nas aulas a lecionar pela docente, no domínio “Propriedades e Transformações da Matéria”, no subdomínio “Tabela Periódica”, do estudo da Química do 10^o ano de escolaridade. Encontra-se também em anexo A.3 o plano de aula para o estudo da origem do universo, através da Teoria do Big Bang, integrado no Domínio “Espaço”, subdomínio “Universo e Distâncias no Universo”.

.

2.2.2.2 Avaliação das Aprendizagens

Nos normativos legais, que constituem atualmente os principais referentes para a ação educativa, a conceção da avaliação das aprendizagens, adquire um sentido alargado. Isto significa que avaliar tem como finalidade regular a própria aprendizagem, indo para além do classificar, numa lógica métrica. A integração do processo ensino - aprendizagem - avaliação e a diversificação dos instrumentos de avaliação, pressupõe por si uma diversificação de atividades em diferentes contextos, nos quais o conteúdo é aprendido. Isto significa que são avaliados, não apenas o conhecimento das componentes específicas, mas também, as competências dos alunos, desenvolvidas em experiências educativas diferenciadas (Cosme et al., 2021).

Para além dos testes ou fichas de avaliação, já utilizadas como prática há muitos anos, as grelhas de observação são um dos instrumentos de avaliação que melhor permitem recolher evidências do processo ensino-aprendizagem, sendo de carácter essencialmente formativo (Cosme et al., 2021). Os mapas conceptuais podem também ser utilizados como instrumentos de avaliação em Ciências, já que originam uma fonte única e útil de informação, permitindo entender a forma como a compreensão dos conceitos é percebida ao

longo do tempo (Ingec, 2009).

Tanto a avaliação formativa como a avaliação sumativa tiveram lugar durante o ano letivo, na forma de fichas de avaliação sumativa e formativa, trabalhos de pesquisa, apresentações orais, grelhas de avaliação ou mapas conceptuais.

Capítulo 3

Estudo de Investigação

3.1 O currículo da Física no Ensino Secundário

3.1.1 Análise do contexto histórico do ensino da Física em Portugal

Em termos de contextualização histórica, durante o Estado Novo, o ensino da Física refletia as imposições de um regime autoritário, fechado à inovação científica e tecnológica (Silva, 2008). Após a Revolução de Abril de 1974, ocorre uma explosão demográfica nas grandes cidades, levando a várias reformas no sistema educativo. A designação “escola secundária” surge com o Decreto-Lei nº 80/78, ainda de frequência facultativa. Mais tarde, a reforma levada a cabo por Roberto Carneiro, que culminou no Decreto-Lei nº 286/89 de 29 de Agosto, que viria a criar os Cursos Secundários. Estes cursos, predominantemente Orientados para o Prosseguimento de Estudos continha uma matriz curricular que favorecia a aprendizagem da Física, não só pela introdução dos desdobramentos no ensino Básico e Secundário, mas pela criação das disciplina de “Técnicas Laboratoriais” (Morgado, 2007).

O Ensino Secundário é definido mais tarde pela Lei de Bases do Sistema Educativo (1986), compreendendo o 10º, 11º e 12º anos, fazendo parte da escolaridade obrigatória (na 3ª atualização através da Lei nº 85/2009 de 27 de agosto).

Atualmente, tanto no Ensino Regular como no Recorrente, a Física encontra-se associada à Química no Ensino Básico e nos 10º e 11º anos do Ensino Secundário, como disciplina bienal específica, assumindo-se apenas como uma disciplina autónoma no 12º ano. No Ensino Profissional encontra-se igualmente associada à Química, contudo, com módulos individualizados. O ensino laboratorial está agora integrado e articulado na disciplina, para qualquer nível de escolaridade.

3.1.2 Atuais diretivas e documentos orientadores à luz da legislação atual

No que diz respeito ao Ensino Regular, e ao Curso de Ciências e Tecnologias, a Portaria nº 243/2012 estabelece o plano de estudos do ensino secundário, em que a disciplina de Física e Química A se assume como uma opção na componente específica, com uma carga horária de 315 horas anuais, no 10 e 11º ano.

De acordo com o Decreto-Lei nº 55/2018, de 6 de Julho, passam a estar em vigor as Aprendizagens Essenciais (AE), sendo estes os Documentos Curriculares de Referência que se articulam com o Perfil do Aluno à Saída da Escolaridade Obrigatória (PASEO). As competências tomam o lugar dianteiro, mobilizando os saberes tradicionais. A título de exem-

Tabela 3.1: Conhecimentos, Capacidades e Atitudes e exemplos de Ações Estratégicas para o subdomínio “Energia e Movimentos” (adaptado de AE de Física e Química A, 2018).

Domínio	Subdomínio	Conhecimentos, Capacidades e Atitudes	Exemplos de ações estratégicas a desenvolver na disciplina, orientadas para o Perfil do Aluno
Energia e sua conservação	Energia e Movimento	Compreender as transformações de energia num sistema mecânico redutível ao seu centro de massa, em resultado da interação com outros sistemas; Estabelecer, experimentalmente, a relação entre a variação da energia cinética e a distância percorrida por corpo, sujeito a um sistema de forças de resultante constante, usando processos de medição e de tratamento estatístico de dados e comunicando os resultados. Interpretar as transferências de energia como trabalho em sistemas mecânicos e os conceitos de força conservativa (aplicando o conceito de energia potencial gravítica) e de força não conservativa (aplicando o conceito de energia mecânica). Analisar situações do quotidiano sob o ponto de vista da conservação ou da variação de energia mecânica, identificando transformações de energia e transferências de energia.	Promover estratégias que impliquem por parte do aluno: - Comunicar resultados de atividades laboratoriais e de pesquisa, ou outras, oralmente e por escrito, usando vocabulário científico própria da disciplina, recorrendo a diversos suportes; - Participar em ações cívicas relacionadas com o papel central da Física e da Química no desenvolvimento tecnológico e suas consequências socioambientais;

plano, se o programa incluía a Lei de Ohm, passa a estar descrito “saber utilizar a Lei de Ohm”. Os princípios, as áreas de competências e os valores confluem para a formação do indivíduo, como cidadão integrante de uma sociedade democrática. Esta mudança de paradigma pretende dar resposta a novos desafios da própria sociedade e a preparar os alunos para um futuro ainda por definir.

As AE contribuem assim para o desenvolvimento de competências inscritas no PASEO, aliadas à literacia científica. No que diz respeito ao domínio da energia, as AE de Física e Química A referem:

A energia e a sua conservação são as ideias centrais na interpretação de fenómenos mecânicos, elétricos e térmicos, que devem ser enquadradas com diversas aplicações (construções, máquinas, veículos, instalações elétricas), por forma a consolidar a visão da ciência como portadora de benefícios sociais.

Em convergência com o PASEO e as AE, encontra-se a Estratégia Nacional da Educação para a Cidadania (ENEC), que configura uma construção sólida de formação humanista que, no Ensino Secundário, é uma área transversal ao currículo, conforme definido pela Portaria 226-A/2018. Os Objetivos para o Desenvolvimento Sustentável (ODS), aprovados em sede da ONU em 2015, que representam o resultado de um esforço comum de cidadãos e governos de todo o mundo para levar a um mundo próspero para todos até

2030, são um dos documentos de referência para a ENEC.

3.2 Aprendizagem da Física no Ensino Básico e Secundário

3.2.1 Dificuldades sentidas pelos alunos na aprendizagem da Física

São vários os fatores que explicam o insucesso nesta disciplina e as dificuldades manifestadas pelos alunos. Concretamente na disciplina de Física, Spies (Spies, 2005) refere-se às dificuldades sentidas pelos alunos no que diz respeito à linguagem formal oral e escrita. Ekici (Ekici, 2017), por sua vez, atribui a causa às baixas competências a matemática. Adicionalmente, no Relatório Nacional 2010-2016 Exames Finais Nacionais (IAVE, 2017), atribuiu-se os resultados obtidos no exame nacional de Física e Química A, cuja média dos cinco anos entre 2015 e 2019 é negativa, de 9,7 valores, às competências mobilizadas e ao “nível de complexidade das operações mentais envolvidas na resolução dos itens e não aos conteúdos programáticos nos quais os itens incidem”. Liu (Liu & Fang, 2017) reporta que uma das principais causas para os baixos resultados escolares nas disciplinas relacionadas com ciência, engenharia e matemática, poderá estar efetivamente ligada às conceções alternativas. Trindade (Trindade, 1998) refere que os métodos tradicionais são inadequados, e que novas técnicas mais atraentes devem ser encorajadas, no sentido de gerar uma melhor compreensão qualitativa dos fenómenos físicos.

3.2.2 Teorias de Aprendizagem

As mais recentes pesquisas no campo das teorias da aprendizagem, principalmente a partir dos anos 80' do século passado, centram-se no construtivismo social de Vigotsky (Taber, 2000). Esta teoria revela que o aluno se encontra no centro do processo de aprendizagem e que para que esta decorra, novos conceitos são integrados nas conceções prévias, resultado das interações sociais com o professor e com os restantes outros estudantes (Kola, 2017). O construtivismo tem três características principais: (1) a aprendizagem é um processo ativo; (2) os alunos constroem o seu conhecimento através de conceitos pré-existentes; (3) o aluno é o responsável pelo seu próprio processo de aprendizagem (Ipek Akbulut & Calik, 2008).

A tabela 3.2 resume as várias etapas do processo de ensino-aprendizagem e respetivas características do modelo construtivista.

Tabela 3.2: Etapas do processo de ensino-aprendizagem e respectivas características (adaptado de (Ipek Akbulut & Calik, 2008) e (Chang, 2005))

Etapas do ensino-aprendizagem	Características
Objectivo da aprendizagem	Centrada no aluno
Estratégias utilizadas em sala de aula	O professor assegura-se acerca das concepções prévias dos alunos Ensino através de problemas complexos Diagnóstico das concepções prévias dos alunos Exemplificadas situações da Física do dia a dia
Gestão do ambiente em sala de aula	Discussão em pequenos grupos Os alunos são participativos
Relação entre professor e aluno	Menor carácter autoritário do professor Professor como facilitador da aprendizagem Reforçar a confiança do aluno na aprendizagem da Física
Avaliação	Privilegiar a avaliação formativa e com <i>feedback</i>
Objectivo da aprendizagem	Centrada no aluno

A teoria de Jerome Bruner, que se apoia por sua vez, na teoria construtivista da aprendizagem, refere ainda que é possível ensinar qualquer assunto a uma criança, adaptando-o ao estágio de desenvolvimento em que esta se encontra. Esta teoria foi decisiva para a construção dos currículos das ciências naturais na segunda metade do século XX, já que esta fundamentação permite não excluir conteúdos ou conceitos, apenas havendo necessidade de os adaptar à faixa etária. Esta construção do “currículo em espiral” permite o ensino de conceitos básicos num primeiro momento, que vão sendo revistos com um maior grau de complexidade, desafiando o aluno de forma progressiva. O professor desempenha também, à semelhança da teoria construtivista, um guia na descoberta desse conhecimento (Leão & Goi, 2021).

Relativamente à natureza dos conceitos pré-existentes, isto é, ao conjunto das ideias e crenças, encontra-se o termo na literatura de “estrutura cognitiva”. À medida que o cérebro se desenvolve, a base de conhecimento aumenta e torna-se mais sofisticada. Alguns conceitos, aprendidos na infância, advêm de teorias intuitivas que mais tarde podem interferir no processo formal de aprendizagem. Assim, o cérebro vai construindo significado para aquilo que é ouvido e visto, integrando no que já sabe, ou, pelo menos, acredita. Daí a importância do professor criar “âncoras” que ajudam os alunos a estabelecer conexões com o seu conhecimento anterior (Taber, 2000).

3.2.3 O ensino do domínio de energia em Física

Richard Feynman, laureado com o Prémio Nobel da Física nos anos sessenta, referiu “é importante perceber que em Física, na atualidade, não sabemos o que é a energia”. Esta dificuldade na sua definição, que se mantém hoje em dia, faz com que a aprendizagem da energia não seja uma tarefa fácil (Coelho, 2007).

Pode parecer surpreendente que o conceito de energia fosse desconhecido para Isaac Newton. A utilização da palavra “energia” teve início no século XVII, designando uma pessoa com força ou vigor de expressão, algo que na atualidade pode significar “energético” ou “cheio de energia” (Millar, 2005). Historicamente, sabemos que o conceito de energia, tal

como o usamos hoje, foi apenas definido por Mayer e Joule, nos anos 40 do século XIX. Mais tarde, em 1851, William Thomson viria a postular a Lei de Conservação da Energia (Coelho, 2007). Já no século XX, a famosa equação de Einstein, $E = mc^2$, relacionaria matéria e energia (Koliopoulos, 2015).

Pode afirmar-se que, enquanto a matéria compõe todas as coisas e podemos, assim, senti-la, vê-la ou cheirá-la, a energia, pelo seu carácter abstrato, não é perceptível diretamente pelos nossos sentidos. Fazendo a analogia com a gramática, a energia pode ser comparada a um nome e a um verbo (uma “coisa” e um processo). Pode manifestar-se, por exemplo, sob a forma de energia térmica (através da radiação eletromagnética da luz solar), mas também sob a forma de calor (processo de transferência de energia) (Hewitt, 2015).

O ensino e a aprendizagem do domínio da energia tem originado bastante pesquisa em Didática das Ciências. O carácter abstrato e quantitativo da energia e a sua natureza simultânea de processo e conteúdo são dificilmente apreendidos pelos alunos no ensino básico e secundário, cujo formalismo em termos de conceitos é ainda insuficiente. À questão por parte do aluno, “o que é afinal a energia?”, o professor dificilmente responderá de forma satisfatória (Coelho, 2007).

Adicionalmente a esta problemática, o conceito de energia não pode ser restrito a uma área da ciência, como a Física, a Química, ou a Biologia, é na verdade transfenomenológico. Em Física, a conservação de energia é um princípio universal que se aplica em todos os seus campos, sendo que a validade dos seus princípios se estende desde a Física Clássica até à Física Moderna (Papadouris & Constantinou, 2010).

Este princípio faz parte de uma das dez grandes ideias em ciência. Recuando a 2009, um grupo de cientistas, engenheiros e professores reuniram-se na Escócia, para debater quais os conceitos científicos com os quais os estudantes devem interagir de forma a terem aprendizagens mais significativas. Cada uma dessas ideias representa na realidade um entendimento mais vasto que interliga vários domínios da ciência, como a Biologia ou a Química (Green, 2021).

Fazendo referência ao conceito de energia em Química, no que diz respeito à energia de ligação numa ligação química, numa molécula, pode suscitar dúvidas em alunos mais curiosos! Na realidade, o quociente entre essa energia e o quadrado da velocidade da luz dá-nos a variação de massa ocorrida nessa reação química, segundo a equação de Einstein. Por ser um valor tão pequeno não se considera observável e, por esse motivo, considera-se que a soma das massas dos átomos se mantém constante e, portanto, é válida a Lei da Conservação da Massa (Koliopoulos, 2015).

A propósito, talvez a compreensão das reações químicas apenas se torne completa para os alunos, quando estes são confrontados com o conceito de entropia, e conseqüente aumento da desordem do universo!

O facto de a linguagem do dia a dia incluir o “uso” e “consumo” de energia, ou até o (aumento!) do “preço” da energia (e assim esta ser encarada como um bem transacionável) faz com que os alunos construam um conceito bastante diferente daquele que é o científico (Millar, 2005).

No ensino da Física do Ensino Secundário, o conceito de energia é introduzido no contexto da mecânica, associado à definição de trabalho e potência, aparecendo como um conceito isolado e não como um conceito unificador. A definição clássica de energia, expressa como “a capacidade para produzir trabalho”, persiste, apesar de tudo, desarticulada com outros conceitos, como corrente elétrica, ou momento linear (Papadouris & Constantinou, 2010) (Gomes, 2015).

Esta definição leva a que os alunos não consigam aplicar o conceito de energia, por exemplo, no âmbito do estudo das reações químicas ou da termodinâmica. Uma outra abordagem ao conceito de energia, como a capacidade de provocar mudança, defendida por alguns autores, não é isenta de desvantagens, já que o que verdadeiramente leva o acontecimento a ter lugar é o aumento de entropia e não a variação de energia (Doménech et al., 2007).

Em outras palavras, são as alterações na temperatura, concentração, posição num campo, localização (no movimento), forma (numa mola, por exemplo) que levam os acontecimentos a ter lugar (Millar, 2005).

Outros autores, defendem que devem ser evitadas definições qualitativas, baseando-se o ensino, no princípio da conservação da energia e operações formais quantitativas (Hicks, 1983).

Nenhuma das alternativas é perfeita, destacando Domemech (Doménech et al., 2007) a necessidade de que os alunos entendam que a energia não é um combustível (nem um fluido), mas sim a capacidade de transformação da matéria, determinada pela configuração das partes do sistema e pelas propriedades da matéria responsáveis pela interação. É a interação e a configuração de determinado sistema que explica porque um sistema pode sofrer transformação.

Trumper (Trumper, 1997) refere que a energia, numa primeira aproximação, pode ser definida como a capacidade de produzir transformações (por parte da matéria) e que estas, por sua vez, fazem variar configurações do sistema que levam a variações de energia.

Por outro lado, é particularmente importante que os alunos compreendam o carácter unificador da energia, particularmente no que diz respeito aos vários domínios da sua aprendizagem em Física, nos movimentos, fenómenos elétricos e térmicos. A equação que traduz a Primeira Lei da Termodinâmica, exclui as variações de energia que ocorrem por outros processos como a radiação.

$$\Delta U = W + Q \quad (3.1)$$

Embora o princípio da conservação de energia de um sistema isolado se mantenha válido, não poderá ser aplicado para explicar todos os fenómenos, como é o caso do aquecimento da Terra pelos gases de efeito estufa, que é explicado por processos de radiação (Doménech et al., 2007).

Almeida refere ainda a este propósito (Almeida, 2004):

”Existe um efeito perverso na insistência que muitos programas de Física fazem na con-

servação de energia. É muito vulgar encontrar em compêndios de Física apenas a frase “a energia conserva-se”. Ora o que é estritamente correto é dizer “a energia própria de um sistema isolado sobre o qual não se realiza trabalho, com o qual não há trocas de calor e que não recebe radiação, conserva-se”.

A primeira Lei da Termodinâmica poderá ser então expressa sob a seguinte forma:

$$\Delta U = Rad + W + Q \quad (3.2)$$

Green (Green, 2021) sugere uma simplificação na abordagem da energia através de alterações no seu armazenamento ou localização e ainda formas através das quais ela é transportada ou transferida entre esses “locais”.

Tabela 3.3: Formas de armazenamento e transferências de energia.

Armazenamento ou localização de energia		Transferência de Energia	
Cinética	Alteração da velocidade do objeto	Mecanicamente	Através da ação de forças
Química	Combinação ou separação de substâncias	Aquecimento (calor)	Movimento de partículas
Térmica	Alteração da temperatura ou mudança de estado	Eletricamente	Movimento de cargas devido a uma diferença de potencial elétrico
Gravitacional	Alteração de posição num campo gravitacional	Radiação	Radiação eletromagnética
Elástica	Compressão ou descompressão de um objeto elástico	Reação química	Rearranjos das ligações químicas
Eletromagnética	Movimento de cargas elétricas		
Vibração	Alteração da amplitude da onda mecânica		
Nuclear	Rearranjo das partículas nucleares		

Por outro lado, (Koliopoulos, 2015) refere aspetos chave sobre o conceito de energia, que os alunos deverão aprender ao longo do ensino básico e secundário:

1. **Apenas são relevantes as variações de energia.** O foco deve residir nos aspetos quantitativos de transferência de energia entre objetos e sistemas e suas variações. A energia total do sistema apenas será relevante no caso de colisões de partículas, em que estas são geradas exclusivamente a partir de energia. Ao retirar-se da equação a constante massa-energia e ao definir-se uma situação como referencial.
2. **Uma variação de energia num sistema é balanceada por outra alteração na vizinhança.** Apesar de os Físicos se referirem a sistemas isolados, este conceito é apenas teórico pois nenhum sistema é isolado ao ponto de não absorver ou libertar energia.
3. **A disponibilidade de energia dita a sucessão de acontecimentos.** Mais uma vez, utilizando o exemplo da ligação química, se dois átomos se ligam, a molécula terá menos energia do que os átomos isoladamente. Para que esta molécula se cinda, é necessário fornecer energia externamente, já que não é um processo espontâneo.
4. **A energia tende a dispersar-se.** O princípio do aumento da entropia revela-nos ser impossível construir uma máquina de movimento perpétuo. A um outro nível,

revela-nos que a produção de energia transportável continua a ser um desafio das sociedades atuais, apesar de se verificar a Lei de Conservação da Energia!

No 10º ano do ensino básico, as AE (DGE, 2018) referem a energia e a sua conservação, como conceitos centrais na interpretação de fenómenos mecânicos, elétricos e térmicos e vão de encontro ao referido na literatura:

”A energia e a sua conservação são as ideias centrais na interpretação de fenómenos mecânicos, elétricos e térmicos, que devem ser enquadradas com diversas aplicações (construções, máquinas, veículos, instalações elétricas), por forma a consolidar a visão da ciência como portadora de benefícios sociais.”

”Concluir que há diminuição da energia útil nos processos naturais, sendo este o critério que determina o sentido em que evoluem esses processos, permite compreender que os recursos são limitados, e que o aluno apreenda a sua responsabilidade individual e coletiva na utilização sustentável de recursos.”

”A compreensão da estrutura e transformações da matéria e das transferências de energia entre sistemas contribui para a explicação de processos que ocorrem no mundo atual designadamente o aquecimento global, a poluição atmosférica, os efeitos das radiações ionizantes, entre outros”.

No que diz respeito ao subdomínio “Energia e movimentos”, as AE (DGE, 2018) referem como conhecimentos, capacidades e atitudes:

”Compreender as transformações de energia num sistema mecânico redutível ao seu centro de massa, em resultado da interação com outros sistemas.”

”Interpretar as transferências de energia como trabalho em sistemas mecânicos, e os conceitos de força conservativa (aplicando o conceito de energia potencial gravítica) e de força não conservativa (aplicando o conceito de energia mecânica).”

”Analisar situações do quotidiano sob o ponto de vista da conservação ou da variação da energia mecânica, identificando transformações de energia e transferências de energia.”

”Aplicar, na resolução de problemas, a relação entre os trabalhos (soma dos trabalhos realizados pelas forças, trabalho realizado pelo peso e soma dos trabalhos realizados pelas forças não conservativas) e as variações de energia, explicando as estratégias de resolução e os raciocínios demonstrativos que fundamentam uma conclusão.”

Domenech (Doménech et al., 2007) refere ainda a importância do ensino das implica-

ções pessoais, sociais e ambientais relacionadas com o conceito de energia, numa problemática complexa, que poderão potenciar, por um lado, o interesse dos alunos sobre esta temática do ponto de vista da Física e por outro, serem integradas numa educação para a cidadania, no contexto do desenvolvimento sustentável e “crise energética”, entendendo as consequências do desenvolvimento científico e tecnológico. A este respeito, as AE (DGE, 2018) referem que um dos domínios utilizados como um “meio de motivação para as aprendizagens e de consolidação das aprendizagens, apontando para um futuro sustentável deverá ser precisamente o da energia.

3.2.4 Análise das principais concepções alternativas encontradas na literatura relativas à aprendizagem do conceito *Energia* neste nível de escolaridade, no que concerne às causas, categorias e propostas para as ultrapassar

A análise das concepções alternativas em Física, nomeadamente em tópicos como luz, calor, mecânica ou eletricidade, é um fenómeno extensamente estudado por especialistas em educação e psicólogos, nas últimas duas décadas (DeFigueredo, 1994). As concepções alternativas podem ter origem na interação com o meio social e físico, bem como nas aulas formais, sendo de várias origens (Samsudin et al., 2021). Valadares (Valadares, 1995) refere que as mesmas se iniciam espontaneamente quando um indivíduo estabelece inicialmente concepções cientificamente inadequadas acerca de um determinado fenómeno, sem que sejam “filtradas” pelas formas superiores do pensamento científico. Ou seja, a sua experiência do dia a dia leva a falsas analogias, originadas pelo engano dos sentidos. Estas concepções alternativas são extremamente resistentes à mudança, mesmo após vários anos de aprendizagem formal (DeFigueredo, 1994). Por outro lado, Valadares (Valadares, 1995) refere ainda que alunos que revelam facilidade no manuseamento da matemática, têm também demonstrado enormes dificuldades de origem conceptual. Os estudos demonstram ainda que existe uma tendência para os alunos replicarem as ideias tidas por cientistas, ou pensadores, do passado (DeFigueredo, 1994). Poderá estabelecer-se um paralelismo entre a evolução das ideias da História da Ciência e o processo individual de aprendizagem, e em concreto, da Física, que não ocorre de uma forma linear, mas sim por etapas, a caminho de um maior formalismo na estrutura cognitiva. A título de exemplo, no campo da mecânica, no estudo da gravidade, encontramos as crenças aristotélicas, mais próximas do senso comum dos jovens estudantes de Física, que vêm a ser derrubadas pelas concepções newtonianas no século XVII, com a Teoria da Gravitação, e mais tarde no século XX, com Teoria da Relatividade, também as concepções dos alunos sobre energia retratam a história da Física: a confusão entre energia e força que se deu nas obras pioneiras de Termodinâmica (Valadares, 1995). Daí ser tão importante um conhecimento sobre a evolução histórica das ideias em Física. As várias causas para a origem das concepções alternativas podem ser assim elencadas: - currículos desajustados face às possibilidades dos alunos - estratégias seguidas pelos professores desajustadas - linguagem científica inadequada e ambígua originada no professor ou em livros - relação entre

emoções (entusiasmo por determinado conteúdo, relação com o Professor, ...) e aprendizagem - contexto sócio-cultural. Valadares (Valadares, 1995) refere que as concepções alternativas são bastante uniformes no que diz respeito à explicação dos fenómenos físicos em causa, ou seja, são independentes da região geográfica, ambiente escolar e cultural, idade e género. Este facto poderá ser um facilitador para ultrapassar essas mesmas concepções, já que um “conjunto de procedimentos, vocabulário, associações e analogias entre ideias que o aluno já possui é decisivo para o modo como ele vai apreender esse novo conteúdo”. A mecânica newtoniana é uma das áreas da Física mais estudadas em termos de concepções alternativas, talvez porque força e movimento sejam o resultado de muitas experiências do dia a dia dos alunos (Samsudin et al., 2021). Segundo Liu (Liu & Fang, 2017), as concepções alternativas podem incluir desde conceitos básicos, como deslocamento, velocidade, aceleração ou força, até conceitos complexos como trabalho ou energia. A tabela 3.4 resume as principais concepções alternativas encontradas na literatura relacionadas com o conceito de energia.

Tabela 3.4: Principais categorias e subcategorias nas concepções alternativas, encontradas na literatura (adaptado de (Liu & Fang, 2017) e (Valadares, 1995)).

Categoria	Subcategoria	Concepção Alternativa
Energia	Energia	A energia é apenas associada a objectos animados A energia associada à causa das coisas, como causa do movimento A energia é uma substância ou um fluido A energia como reagente ou produto de uma reação
	Energia e Força	A energia é uma força Uma força acelera um corpo, até que o corpo gaste toda a energia
	Transformação de Energia	A energia é perdida nas transformações de um tipo de energia para outra A energia pode ser reciclada
	Conservação de Energia	A energia conserva-se sempre que não existe atrito Quando um objecto é deixado cair, a energia potencial gravítica transforma-se imediatamente em energia cinética
	Energia Cinética	A energia cinética depende apenas da massa Duplicando a velocidade, duplica-se a energia cinética Energia cinética é equivalente a momento linear A energia cinética pode ser negativa quando um objecto se move no sentido negativo do eixo
	Energia Potencial Gravítica	A única energia potencial existente é a gravítica A energia potencia gravítica depende apenas da massa do objecto A energia potencial gravítica depende apenas da altura do objecto Um objecto em repouso não tem energia potencial gravítica
Trabalho	Trabalho e Energia	Uma força a atuar num objecto realiza trabalho mesmo que o objecto não se mova A força gravítica realiza sempre trabalho negativo em todas as situações O trabalho tem sempre direção do deslocamento

Fará assim parte do trabalho pedagógico do professor, fazer a análise prévia do conhecimento científico detido pelos alunos, sempre que se inicia uma nova temática no ensino da Física, de forma que os princípios básicos se encontrem bem aprendidos e que não se

propaguem as concepções alternativas (Kuczmann, 2017). Para que uma concepção alternativa seja substituída por uma concepção cientificamente correta, é necessário construir um novo conhecimento. Não é claro se as concepções alternativas substituem ou não em paralelo com as concepções científicas. Contudo, um estudo recente (Brockington, 2021) que relaciona as neurociências e o ensino da Física, revela que “as concepções espontâneas dos alunos não foram completamente eliminadas ou transformadas durante a aprendizagem, permanecendo codificadas nas suas redes neuronais e “apenas” inibidas para fornecer a resposta cientificamente correta”. Liu (Liu, 2016) refere que para que haja alteração das concepções alternativas é necessário que estejam presentes quatro condições: (1) o aluno sente-se insatisfeito com a conceptualização existente; (2) aprendeu um novo conceito; (3) o novo conceito foi demonstrado; (4) o novo conceito é útil e tem aplicação. O modelo “think-pair-share” proposto por Samsudin (Samsudin et al., 2021) pode ser utilizado com sucesso para ultrapassar as concepções alternativas sobre trabalho e energia. Após visualização de um vídeo ou leitura de um texto, o professor coloca uma questão. Seguem-se três etapas: (1) “think”, através de reflexão e de uma resposta escrita individual; (2), por partilha da resposta com um colega e (3) partilha da resposta com a restante turma. A necessidade de justificar as suas ideias perante os pares, levará assim à descoberta de inconsistências inesperadas e à explicitação das suas ideias. Algumas outras práticas pedagógicas podem ser utilizadas para encorajar o aluno a (re)construir o seu conhecimento científico. A explicitação do conflito entre as concepções alternativas e as científicas; a utilização do debate; processos de *brainstorming* em sala de aula (Taber, 2000). Morgado (Morgado, 2007) refere ainda a construção de mapas conceptuais ou glossários como uma das possíveis ferramentas utilizadas em sala de aula. Será importante também enfatizar o trabalho experimental como forma de demonstração dos princípios teóricos e assim possibilitar uma aprendizagem significativa (Taber, 2000). Como já referido atrás, sempre que um novo conceito é introduzido, é necessário fornecer ao aluno algum aspeto que lhe é familiar que possa “ancorar” novas ideias, na forma de imagem, metáfora ou de analogia (Taber, 2000).

3.3 A comunicação educativa e *storytelling* no ensino da Física

3.3.1 A alternativa da comunicação educativa

3.3.1.1 Desafios à comunicação em sala de aula

Comunicação é um termo polissémico, possuindo vários significados que têm vindo a ser aplicados em múltiplos contextos. Em educação, a comunicação passou a ser mais valorizada pelo processo educativo em si, referente às várias disciplinas, ou seja englobando o próprio ato de aprender e ensinar (Costa & Pires, 2016).

A alteração nos processos comunicativos, que os avanços tecnológicos impuseram aos mais jovens, os chamados nativos digitais, repercute-se na sua forma de processar, pro-

curar, expressar informação e relacionar conceitos (Quintanal, 2013). Todos os dias os jovens trazem para a escola os resultados das suas vivências e experiências, ou seja, um conjunto de atitudes, que expressam os seus pensamentos e valores que muitas vezes entra em confronto com a realidade da sala de aula (Oliveira & Ghisleni, 2020).

Soares (Soares, 2012) refere ainda que os mais jovens, devido à ampla utilização das redes sociais, constroem conceitos próprios e um sentido crítico das suas relações com o mundo. Os *smartphones* são hoje inseparáveis da cultura juvenil.

Esta sociedade da informação ou comunicação, sinónimo muitas vezes utilizado para sociedade pós-moderna ou sociedade em rede, atesta a complexidade do tempo em que vivemos e o papel importante que a comunicação detém na atualidade. Se analisarmos a origem da palavra comunicação, no adjetivo latino *communis*, encontramos a ideia de união, que se pode estabelecer entre espaços físicos, como as ruas ou canais, e numa esfera humana, na relação entre as pessoas, ou entre professor e aluno (Escola, 2020).

Os dois caminhos – o da educação e da comunicação, que apresentam, assim, em comum o processo da mediação – através de jornais e canais digitais ou das escolas e universidades, respetivamente, são aparentemente cruzados e opostos. Enquanto a educação pós-Revolução Industrial se alicerçou no paradigma do progresso social e democratização da sociedade pelo Estado, a comunicação sustenta-se no poder económico, na valorização da imaginação e da emoção (Soares, 2012).

Este descompasso tem levado a uma mudança (vagarosa, é certo) da Escola. Se recuarmos ao século XVII, encontramos na escola a resposta adequada, através da implementação do currículo, à revolução causada pela imprensa de Gutenberg, como forma de legitimar a informação. O que assistimos agora no século XXI, é a uma nova versão da mesma dificuldade de outrora, ou seja, a integração das consequências que o *boom* tecnológico e consequentemente de informação e tecnologia, trouxeram à nossa sociedade (Escola, 2020). As TIC (Tecnologias de Informação e Comunicação) introduziram novas formas de organização do trabalho e consumo (como o teletrabalho e o *e-commerce*), de informação e conhecimento (ensino à distância).

A massificação da utilização destas tecnologias e a conversão do aluno receptor em aluno explorador, traz consigo a necessidade urgente, em paralelo, de um professor que o guie na viagem do conhecimento, integrados numa escola aberta à escala global (Coutinho & Bottentuit, 2007). Adicionalmente, é necessário que a aprendizagem se torne num evento, cujo único ator não é apenas o professor mas, sim, alunos e professor em conjunto (Anikina & Yakimenko, 2015).

É atualmente inquestionável o papel central da iconosfera (um termo atribuído a Gilbert Cohen-Séat, o qual engloba o conjunto de informações visuais circulantes no universo dos meios de comunicação) (Victorio & Pinto, 2018) integrada nos processos educativos, desde o ensino pré-escolar ao universitário (Escola, 2020).

A par com esse desafio existe, contudo, regista Pires (Pires, 2010), uma atitude defensiva por parte da Escola, em relação à cultura audiovisual: as práticas conservadoras da racionalização disciplinadora separam os saberes, o pensar do sentir, o trabalho do ócio. Pode

pensar-se, ao invés, que, as práticas dos media ao remeterem-nos para a dimensão emotiva, e para o nosso imaginário, introduzem assim elementos perturbadores, que podem gerar em si, uma renovação.

3.3.1.2 A comunicação educativa e os benefícios de sua aplicação em Física

Soares (Soares, 2012) questiona: “O que fazer para que os olhos deles [alunos] brilhem?”. A sua resposta é que a escola garanta ao jovem a possibilidade de sonhar, com um mundo que ele seja capaz de construir. No início do século XX, John Dewey, um dos maiores especialistas em educação de sempre, destaca a importância da iniciativa (dos alunos) e das emoções, no processo de aprendizagem, não devendo este ser encarado como algo entediante (Anikina & Yakimenko, 2015). Mais tarde, com Walt Disney em 1954, o conceito edutretenimento no qual convergem as duas palavras educação e entretenimento, fica associado à curta metragem *Tommy Tucker's Tooth*, um filme educacional realizado a pedido do governo norte-americano, que aborda a questão da escovagem diária dos dentes (Torriani, 2021).

O termo educomunicação ou comunicação educativa (como vai ser designado neste trabalho) e que por sua vez resulta da convergência das palavras educação e comunicação teve origem mais tarde, nos anos oitenta do século XX, passando a ser amplamente utilizado a partir do final da década de 90'. Se por um lado o edutretenimento conjuga os instrumentos lúdicos com a educação, a comunicação educativa é um conceito mais lato, implicando uma interação entre as ferramentas da comunicação aplicadas à área da educação, sem contudo se limitar à aplicação das TIC ou ao ensino, para e com, a comunicação. Os seus dois pressupostos são: (1) a educação só é possível enquanto ação comunicativa; (2) toda a comunicação é em si uma ação educativa. Partindo destas premissas, pode dizer-se que a comunicação educativa deve ser enquadrada num contexto de diálogo, fazendo uso dos recursos e processos da informação, pretendendo aumentar o grau de motivação dos estudantes, maximizando as possibilidades de aprendizagem e mobilização para a ação, num ecossistema escolar comunicativo, e por isso, democrático (Soares, 2012).

Pode afirmar-se então que a comunicação educativa, que se aplica ao ensino das ciências, e concretamente na área da Física, é levada a cabo por vários intervenientes educativos: professores, entidades governamentais que constroem o currículo, editoras e pelas universidades (que formam novos professores) (Tarabek & Adamcikova, 2009). Ao nível da sala de aula, a inclusão do *podcast*, animações e simulações, jogos e app's, teatro científico, narrativas, banda desenhada, músicas, referências literárias, são técnicas já utilizadas no ensino (Carreira, 2021) e (Kennepohl & Roesky, 2008). Algumas vantagens da sua utilização, para além de poderem ser incluídas no ensino à distância, prendem-se essencialmente com uma maior motivação por parte dos alunos, fazendo com que sejam parte ativa no seu processo de aprendizagem. O desenvolvimento de competências como o pensamento crítico, literacia digital e científica, pesquisa e comunicação são desenvolvidas (Kotluk & Kocakaya, 2017).

3.3.2 A utilização de ferramentas de comunicação em sala de aula

3.3.2.1 *Storytelling* digital

Para as antigas civilizações, a utilização da história (oral), era uma forma de transmitir conhecimento à geração seguinte. A tradição estava obviamente associada ao facto de muito poucos saberem ler ou escrever. E para que a história ficasse gravada, teria de conter os ingredientes necessários para que fosse uma estória (Stannard, 2000). Também as crianças incorporam histórias em ciência, como uma cadeia de eventos, ligando as causas e efeitos. Ilustrar um conceito científico com uma história melhora a aprendizagem das ciências. As neurociências vieram também reforçar esta ideia já que a secreção de adrenalina está associada a experiências excitantes, que conduzem à consolidação da memória a longo prazo. As emoções encontram-se assim associadas à construção do conhecimento (Rowcliffe, 2004).

No ensino da Física, George Gamow, um dos pais da Teoria do Big Bang, foi promissor ao escrever "As aventuras de Mr Tompkins", as histórias de um bancário de meia idade que começa a frequentar um curso de Física Moderna, e que durante os seus sonhos vive aventuras num mundo fantástico. Russell (Stannard, 2000) refere a importância do conhecimento da teoria da aprendizagem de Piaget, que distingue o pensamento concreto da criança, do pensamento formal que surge mais tarde. Esta transição ocorre pelos 16 anos, em apenas 30% dos jovens. Por outro lado, refere ainda, a utilização das histórias é importante para ultrapassar as concepções alternativas.

Humanizar o ensino das ciências através do *storytelling* pode ser uma forma de humanizar o ensino das ciências, motivando os alunos e facilitando a aprendizagem. Também o contexto histórico é crucial pois ajuda a perceber a situação problemática que levou a determinada descoberta. Hadzigeorgiou (Hadzigeorgiou, 2005) refere a utilização desta ferramenta, na introdução ao ensino do domínio da eletricidade, tendo por base a controvérsia científica entre Galvani e Volta, no século XVIII. A relação entre a ciência e a literatura é uma outra inter-relação possível de ser construída nas aulas de Física. Sendo a Física baseada na linguagem da matemática, imagética e audiovisual, e sendo as aulas baseadas na explicação de problemas, equações e leis, muito distantes do quotidiano do aluno, a utilização de textos de ficção, como as obras de Júlio Verne, visionário do que seriam os avanços científicos da humanidade do século XX, permite preencher a lacuna que existe entre a Física ensinada e a Física do dia a dia (Ferreira & Raboni, 2013).

Existem diversas definições para *storytelling* digital, ou narrativa digital, em Português, contudo é geralmente definida como uma história que integra ferramentas multimédia, como imagens, texto, áudio, vídeo e música e uma história. Assim, pode traduzir-se por vídeo ou apresentação que reflete uma história com um significado (Kotluk & Kocakaya, 2017).

O desenvolvimento de competências como o pensamento crítico e comunicação, bem como o facto de poder ser aplicada num contexto de escola inclusiva, com alunos de diferentes enquadramentos sociais, são vantagens da utilização desta ferramenta, às quais se soma

a possibilidade de esta ajudar a ultrapassar as suas concepções alternativas (Kurniawan, Muliyani, & Nassim, 2019).

Por outro lado, a introdução de um elemento de emoção no ensino das ciências, poderá ajudar a reforçar a ligação entre a ciência da escola e a ciência real, ou seja a capacidade de relacionar as suas experiências do dia a dia com as leis da Física e assim construir o seu conhecimento (Kotluk & Kocakaya, 2017). Este envolvimento emocional poderá ser alcançado através da utilização do *storytelling*, tornando os alunos mais motivados para a aprendizagem da Física (Rowcliffe, 2004).

3.3.2.2 Cartoons conceptuais no ensino da Física

Os humanos recebem informação sensorial, essencialmente através do sentido da visão. Qual de nós leu o texto de um *cartoon* antes de olhar para a imagem? Cores, texturas, padrões são bastante atrativas, fazendo com que nos sintamos mais motivados para a aprendizagem.

Cartoon, designação que se irá utilizar neste trabalho, do Inglês, é traduzido para Português, como cartum, sendo um estilo de banda desenhada (Ferraz, 2014). O *cartoon* ou *comics* (conhecido como manga, ou anime, no Japão) encontra-se na fronteira entre os domínios da literatura e da arte, tendo a capacidade de comunicar várias mensagens de uma forma artística, tendo desempenhado um papel importante na história dos media nos últimos dois séculos. Distinguem-se, essencialmente, das ilustrações pela sua capacidade de transmitir uma mensagem, construindo uma narrativa, numa forma artística e sequencial (Tatalovic, 2009). Mesmo com apenas um quadro, o *cartoon*, sintetiza um antes e depois com elementos mínimos dessa estrutura narrativa (Ferraz, 2014).

O *cartoon*, atendendo ao seu carácter visual e humoroso, tem sido utilizado no ensino das ciências, utilizando os existentes na literatura ou elaborando os próprios. Uma outra estratégia passa por propor aos alunos o desenho dos *cartoons* a partir de um trabalho de pesquisa ou de uma história (González-Espada, 2003). Existe uma grande variedade de *cartoon* que Tatalovic (Tatalovic, 2009) classifica em quatro categorias: diferencia o *single-frame* (quadro ou imagem única), o *cartoon* sequencial curto (as tiras, por exemplo), o *comic book* e as novelas gráficas, numa ordem crescente de tamanho e complexidade da narrativa. Qualquer uma das categorias podem ser utilizados em comunicação de ciência, constituindo os *cartoon* educacionais não ficcionais científicos um género próprio, que se destinam a transmitir conceitos, num contexto educativo, formal ou não-formal.

Foi nos anos 90 que Brenda Keogh e Stuart Naylor introduziram o *cartoon* conceptual, geralmente com uma imagem única, no ensino da ciência: sobre um tema central, vários alunos, ou personagens animadas, dão diferentes explicações para o fenómeno (Atasoy & Ergin, 2016). O argumento racional primordial para a sua utilização no ensino das ciências prende-se com o facto desta ferramenta pedagógica ser uma forma de os alunos ultrapassarem as suas concepções alternativas (González-Espada, 2003). Com um estilo minimalista, humoroso ou com sátira e contextualizado numa narrativa muito específica,

podendo levantar também questões de ordem social, com carácter realista (Duvan, Reyes, Osma, & Bustos, 2019).

Não se fique com a ideia que a utilização do *cartoon* em sala de aula, ultrapassa a mera utilização de uma estratégia ou instrumento pedagógico com vista a construir um novo conhecimento. Ao contribuir para a motivação do aluno poderá também ter um efeito benéfico no desenvolvimento de competências e valores (Senturk & Simsek, 2021). Várias competências como a resolução de problemas, leitura e vocabulário, comunicação e socialização, desenvolvimento de novas capacidades argumentativas e ampliação do vocabulário científico, promovendo assim a aprendizagem, são algumas das vantagens apontadas (Gafoor & Vevaremmal, 2013) (Naylor & Keogh, 2013). Por outro lado, pode ser aplicado em contextos diferentes como diagnóstico de concepções alternativas, introdução de novos domínios conceptuais ou avaliação formativa são também outras vantagens da sua utilização (Duvan et al., 2019).

Exemplos de *cartoon* conceptuais, elaborados no contexto educativo da Física podem ser encontrados na literatura, como os exemplificados nas figuras 3.1, 3.2 e 3.3.

Appendix A

Example of the Concept Cartoon:

The work sheet about description of impulse

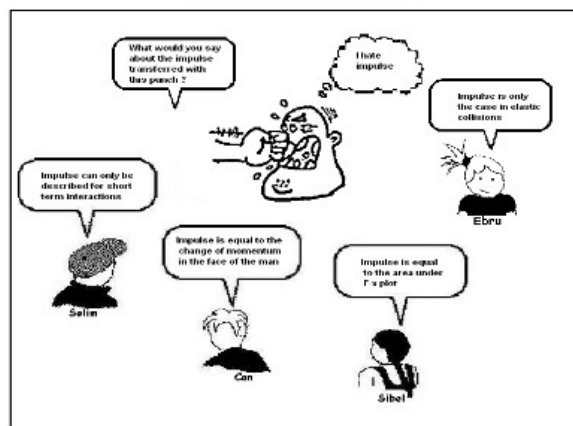
Name :

Department :

Surname :

Class :

WHAT DO YOU THINK?



I agree with..... Because.....

Figura 3.1: *Cartoon* conceptual sobre o conceito impulso na Mecânica (Ingec, 2010).



Figura 3.2: *Cartoon* conceptual sobre o conceito de transferência de energia (Tatalovic, 2009).



One boy onto an office chair pushes the oppositely sitting one. Taking into consideration this case,

- (a) What kind(s) of force occurs in this case?
- (b) How does their motional status change?

Figura 3.3: *Cartoon* conceptual sobre a Terceira Lei de Newton (Atasoy & Ergin, 2016).

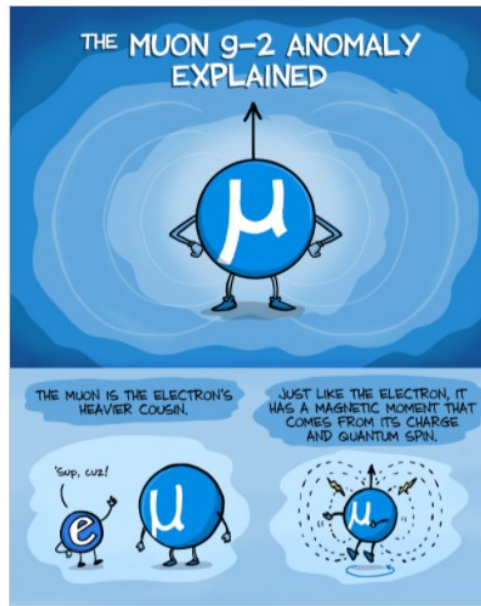


Figura 3.4: *Cartoon sobre o muão g-2 (Comics, 1997).*

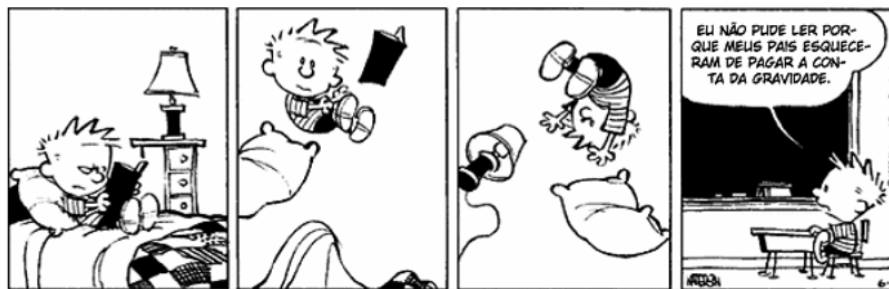


Figura 3.5: *Cartoon sobre gravidade de Calvin & Hobbes (Ramos & Piassi, 2012).*

Novelas gráficas ao estilo Manga, como a série de livros, na qual se inclui *The Manga Guide to Physics* (Nitta & Keita, 2011), contam a aventuras de Megumi, uma tenista cujo grande amigo, Ryota, um *geek* em Física, lhe vai explicando a Física do dia a dia e lhe permite melhorar a sua performance desportiva. Por sua vez, *Suspended in Language*, de Jim Ottaviani, publicado em 2009, aborda o tema da Física Moderna no século XX, focando-se na vida e legado científico, filosófico e político de Niels Bohr, e suas relações com outros Físicos da época, como Albert Einstein.

Não só estes livros podem ser utilizados para comunicar ciência com o grande público, mas também no âmbito de uma educação formal, em contexto de sala de aula. Apesar de na última década terem surgido diversos estudos sobre a aplicação da Banda Desenhada, e especificamente sobre o *cartoon* como ferramenta pedagógica, em Portugal, no ensino das ciências, e concretamente na área da Física, não se encontram publicações sobre o tema nas bases de dados de artigos científicos, ao contrário do que se passa na área das Línguas ou História.

SOME FORCES ARE FICTITIOUS

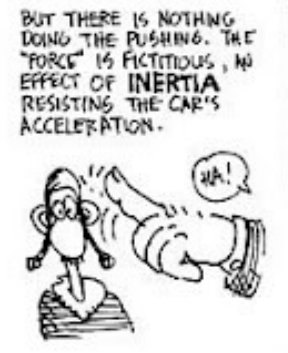
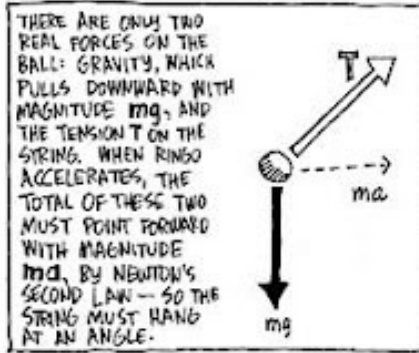
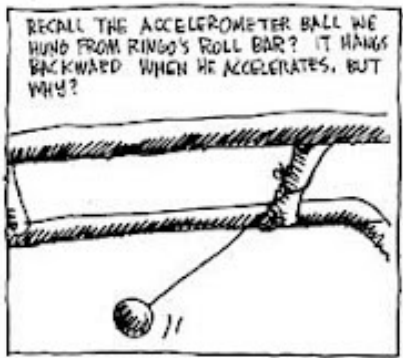


Figura 3.6: Forças fictícias em Mecânica (Gonick & Huffman, 1996) pp:69.



Figura 3.7: Conceito de aceleração (Nitta & Keita, 2011) pp:45.

3.4 Metodologia

O estudo investigativo tem por base a pesquisa bibliográfica realizada, apresentada nos pontos anteriores. A figura 3.8 procura representar a interligação sequencial dos conceitos teóricos explanados atrás, que dão suporte a este estudo investigativo e que se encontram refletidos na metodologia utilizada.

3.4.1 Questões e objetivos de investigação

Resultando este trabalho da experiência profissional da autora, ao longo dos seus vários anos de ensino e baseada na literatura existente sobre a utilização de ferramentas didáticas inovadoras, no contexto da comunicação educativa, pretende-se responder à seguinte questão-problema: *a proposta pedagógica do cartoon conceptual e storytelling pode ser*

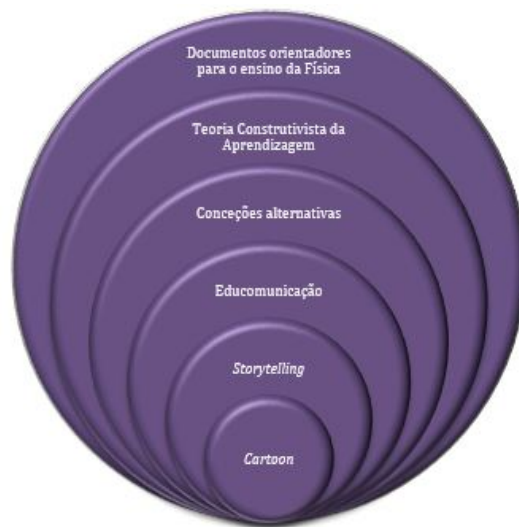


Figura 3.8: Esquematização dos conceitos teóricos que suportam o estudo investigativo.

utilizada para melhorar o processo ensino-aprendizagem dos conceitos de energia e movimentos, na área da Física, no ensino secundário? Pretende-se ainda, como objetivos gerais, identificar quais as dificuldades dos alunos, neste nível de escolaridade, na aprendizagem de conceitos relacionados com energia e movimentos, quer ao nível da conceptualização teórica, quer ao nível da aplicação em situação de problema.

3.4.2 Design e técnicas de recolha de dados

Neste estudo implementou-se um design do tipo pré-teste/pós-teste com um grupo de intervenção e um grupo de comparação.

A recolha de dados foi implementada através de questionários (avaliação diagnóstica e avaliação formativa final), registos de observação diversos, bem como dados da atividade reflexiva da docente. A observação foi encarada como um instrumento de recolha de dados: foi realizada a observação direta dos alunos, utilizando uma Grelha de Observação, que permitiu registar a sua participação e o interesse, bem como a qualidade do trabalho por eles realizado.

A avaliação da ação foi concretizada através de uma análise comparativa entre os resultados do grupo de intervenção e do grupo de comparação, bem como de depoimentos de alunos do grupo de intervenção.

3.4.3 Concepção do *storytelling*, planificação e desenho dos *cartoons*

Numa primeira fase foi realizada uma pesquisa fundamentada nas principais concepções alternativas relacionadas com o tema “energia e movimentos”. Com base na informação obtida foi construída uma Ficha de Diagnóstico A.4, para ser implementada no início do estudo deste domínio, de forma a avaliar os pré-requisitos dos alunos. A Ficha de Diag-

nóstico foi elaborada no Microsoft Forms e aplicada aos alunos das duas turmas através da plataforma Teams.

A segunda etapa consistiu na definição do *storytelling* e na criação das personagens. A narrativa inclui duas personagens principais, cujos nomes estão associados a conceitos científicos do século XX, laureados com o Prémio Nobel e que contribuíram, num passado recente, para explicar alguns fenómenos que a teoria clássica era incapaz de o fazer. Por exemplo, Max Planck, pela quantização de energia no átomo e Frederick Soddy, pelo conceito de isótopo. Conceitos que já são conhecidos pelos alunos nesta fase do ano letivo. O desenho das personagens procurou fugir a possíveis estereótipos de género. A narrativa geral, apresentada sob a forma de *PowerPoint* tem o cenário de uma sala de aula (numa dramaturgia), em que os vários atos correspondem às diferentes situações problemáticas, explicitadas nas fichas de trabalho, intercalados com a história da própria Física, no que diz respeito à Energia.



Figura 3.9: Slides do *Storytelling*. Elaborado pela autora. Anexo A.5.

Numa terceira etapa foram definidas as atividades a incluir na planificação das aulas do domínio, de acordo com as orientações das AE, PASEO, ENEC e com a pesquisa bibliográfica realizada. No desenho dos *cartoon* pretendeu-se introduzir tópicos de humor, emoção e algum suspense. A primeira atividade na análise de *cartoon* conceptual que inclui os conceitos de força, energia e trabalho. Anexo A.6.

A segunda atividade, constituída por duas partes, está relacionada com a Conservação da Energia Mecânica. Baseia-se num texto em diálogo (que se pretende representado), entre duas personagens, acerca da aplicação da Conservação da Energia Mecânica e a resolução de uma situação problemática consequente, seguido de uma ficha de trabalho, que inclui um simulador. Anexo A.7.



Figura 3.10: *Cartoon* conceptual utilizado na Ficha de Trabalho 1 (Conceitos de Força, Energia e Trabalho). *Cartoon* Elaborado pela autora.

Será que também se pode aprender Física no Parque de Diversões?

Max e Sod na montanha-russa "sem atrito"



Max, adorei andar na montanha-russa. E tenho a sensação de termos andado a uma velocidade supersónica!



Oh, Sod! Também adorei! Tenho a certeza que não foi a uma velocidade supersónica... mas podemos calcular a nossa velocidade em B. Primeiro, vamos escrever os dados:

$$\begin{aligned} v_0 &= 0 \text{ m/s} \\ h_A &= 27 \text{ m} \\ h_B &= 20 \text{ m} \\ h_C &= 35 \text{ m} \end{aligned}$$



E as equações:

$$\begin{aligned} E_m &= E_p + E_c \\ E_{mA} &= E_{mB} \end{aligned}$$

Mas... não sabemos a nossa massa...



Não precisamos... Já vais ver! Há conservação da energia mecânica, lembra-te!

Vamos então calcular:

$$\begin{aligned} E_{mA} &= mgh + \frac{1}{2}mv^2 = mg27 \\ E_{mB} &= mgh + \frac{1}{2}mv^2 = mg20 + \frac{1}{2}mv_B^2 \end{aligned}$$

Repara que em A, a nossa velocidade era nula, pois o carrinho estava inicialmente em repouso. Apenas tinhamos energia potencial.

Então, fica assim:

$$mg27 = mg20 + \frac{1}{2}mv_B^2$$



Mas temos duas incógnitas, Max!...

Figura 3.11: Diálogo sobre a resolução de uma situação problemática (Ficha de Trabalho sobre a Conservação de Energia Mecânica) elaborada pela autora

A terceira atividade relaciona-se com o Teorema da Energia Cinética, no contexto de um acelerador de elétrons no CERN. É seguida por uma ficha de trabalho, fazendo uso de um simulador. Anexo A.8. A última atividade relaciona-se com o Projeto de Cidadania da Turma, fazendo parte do Plano de Turma, relacionando os Objetivos de Desenvolvimento Sustentável com as atividades do CERN, num contexto de trabalho investigativo. Anexo A.9.

No CERN... a aprender o Teorema da energia cinética



Figura 3.12: *cartoon* sequencial utilizado na Ficha de Trabalho 4 (Teorema da Energia Cinética). Elaborado pela autora.

Após a conclusão da primeira ficha de trabalho, foi solicitado aos alunos que construíssem um mapa conceptual envolvendo os conceitos de força, energia e trabalho. No final da aplicação didática, os alunos realizaram um exercício formativo que consiste no preenchimento de espaços e relações num mapa conceptual, conforme mostra a figura 3.13 .

Tabela 3.5: Resumo das atividades propostas envolvendo *Cartoons* e *Storytelling*.

<i>Storytelling</i> digital	Atividade	Ferramentas Pedagógica Utilizadas	Estratégia em sala de aula	Objetivos
Ato I Aula de energia e movimentos	1 – Força, Energia e Trabalho	<i>Cartoon</i> conceptual	<i>Think-pair-share:</i> Trabalho em grupos de 4 alunos, em 3 fases de reflexão, discussão com os colegas e partilha com a turma	Utilizando uma situação do dia a dia, cujas personagens se identificam com as vivências dos alunos, pretende-se a diferenciação dos três conceitos, compreendendo o caráter de processo do trabalho como transferência de energia; força como aplicada e <i>não</i> detida pelos corpos vivos e inanimados e energia como a capacidade de os corpos realizarem trabalho. Pretende-se ainda que os alunos diferenciam as várias unidades SI para cada uma das grandezas.
Ato II História da Energia desde Aristóteles até ao século XIX.	2- Conservação da Energia Mecânica	Diálogo sobre uma situação problemática	Role play e explicação por pares: Leitura prévia e representação por parte de um par de alunos; repetição com outro par de alunos. Resolução, em grupo, de uma ficha de trabalho envolvendo simuladores.	Explicação do Teorema da Energia Mecânica através de uma situação no parque de diversões. As duas personagens expõem as suas emoções, que se identificam com as dos alunos e em conjunto, utilizam o Teorema, para responder a uma questão concreta. Com base nesse conhecimento, utilizam o simulador do PHET para resolver uma outra situação problemática.
Ato III Aula sobre o Teorema da Energia Cinética	3 – Teorema da Energia cinética	<i>Cartoon</i> sequencial	<i>Think-pair-share:</i> Trabalho em grupos de 4 alunos, em 3 fases de reflexão, discussão com os colegas e partilha com a turma. Pesquisa sobre as atividades do CERN. Resolução, em grupo, de uma ficha de trabalho envolvendo simuladores.	Explicação do Teorema da Energia Cinética: a variação negativa implica um valor de trabalho da resultante das forças, também negativo, realizado pela parede do acelerador. Compreensão da transferência de energia do electrão para a parede do acelerador. Relação dos estados emocionais do electrão com a sua energia cinética. Com base nesse conhecimento, utilizam o simulador para resolverem uma outra situação problemática.
Conclusão: As ansiedades e alegrias das personagens principais e as várias aventuras vividas permitem uma autorreflexão sobre a importância e a estratégia para aprender Física.				

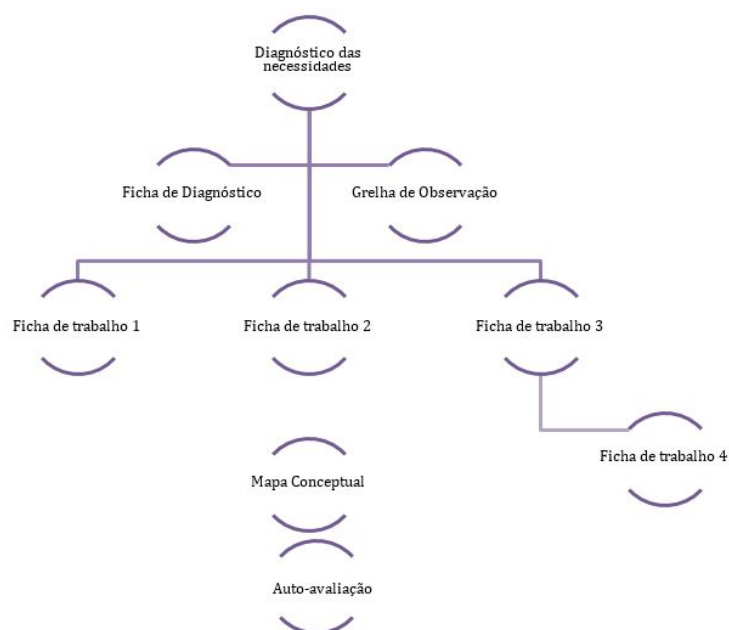


Figura 3.14: Etapas da Investigação-Ação deste trabalho.

3.4.4 Campo onde se desenvolve a investigação

A investigação desenvolve-se com as duas turmas de alunos de Física e Química A do 10^o ano de escolaridade do Curso de Ciências e Tecnologias, no contexto já referido no ponto 2 deste relatório.

3.4.5 Desenvolvimento das aulas do grupo de intervenção e comparação

As aulas desenvolveram-se de acordo com o plano, explicitado na tabela 3.6 que relaciona também as estratégias utilizadas bem como as competências a desenvolver no âmbito do PASEO.

Tabela 3.6: Sumário, estratégias e competências a desenvolver nas aulas.

Semana	Tipo de Aula	Sumário	Estratégia	Competências a desenvolver no contexto do PASEO			
1	Aula de 135 minutos com desdobramento	Turma 1: Revisão dos conceitos de força, energia e trabalho, aprendidos no 9º ano. Resolução de exercícios do livro.	Aplicação da Ficha de Trabalho de Grupo 1. Utilização da estratégia "think-pair-share" e cartoon conceptual.	x	LT		DPA
				x	IC		BEA
				x	RRP	x	SEA
				x	PCPC	x	SCTT
				x	RI		CDC
1	Aula de 135 minutos com desdobramento	Turma 2: Revisão dos conceitos de força, energia e trabalho, aprendidos no 9º ano. Resolução de exercícios do livro.	Aula expositiva.		LT		DPA
					IC		BEA
				x	RRP		SEA
				x	PCPC	x	SCTT
				x	RI		CDC
2	Aula de 135 minutos com desdobramento	Turma 1: Conservação da Energia Mecânica. Resolução de exercícios do livro.	Aplicação da Ficha de Trabalho 2. Utilização da estratégia de teatro científico com guião ilustrado.	X	LT	X	DPA
				X	IC		BEA
				X	RRP	X	SEA
				X	PCPC	X	SCTT
				x	RI		CDC
2	Aula de 135 minutos com desdobramento	Turma 2: Conservação da Energia Mecânica. Resolução de exercícios do livro.	Aula expositiva.		LT		DPA
					IC		BEA
				X	RRP		SEA
				X	PCPC	x	SCTT
					RI		CDC
3	Aula de 135 minutos com desdobramento	Turma 1: Teorema da Energia cinética. Resolução de exercícios do livro.	Aplicação da Ficha de Trabalho 3. Utilização da estratégia "Think-pair-share" e cartoon conceptual.	X	LT	x	DPA
				X	IC		BEA
				X	RRP	x	SEA
				X	PCPC	x	SCTT
					RI		CDC
3	Aula de 135 minutos com desdobramento	Turma 1: Teorema da Energia cinética.	Aula expositiva. Resolução de exercícios do livro.		LT		DPA
					IC		BEA
				X	RRP		SEA
				X	PCPC	x	SCTT
					RI		CDC
4	Aula de 135 minutos com desdobramento	Turma 1: Projeto de Cidadania (Objetivos de Desenvolvimento Sustentável no contexto do CERN)	Aplicação da Ficha de Trabalho de Grupo 4.	X	LT	X	DPA
				x	IC	x	BEA
					RRP		SEA
				x	PCPC	x	SCTT
				x	RI		CDC
<p>Legenda</p> <p>LT – Linguagem e Textos IC - Informação e Comunicação RRP – Raciocínio e Resolução de Problemas PCPC - Pensamento crítico e pensamento criativo RI - Relacionamento Interpessoal DPA - Desenvolvimento Pessoal e Autonomia BEA - Bem Estar, saúde e ambiente SEA - Sensibilidade estética e artística SCTT - Saber científico, técnico e tecnológico CDC - Consciência e domínio do corpo</p>							

3.5 Análise de Resultados

3.5.1 Análise dos resultados da ficha de diagnóstico antes da intervenção

A Ficha Diagnóstica teve como principal objetivo conhecer as principais concepções alternativas destes alunos, no que diz respeito às suas concepções alternativas relacionadas com o tema Energia antes da aplicação da sequência didática no grupo de intervenção. Após validação, este questionário composto por dez questões foi estruturado em categorias e subcategorias de acordo com o quadro 3.1. O questionário (Anexo A.4) foi aplicado em sala de aula aos alunos presentes, em ambos os grupos, através da plataforma *Teams*, com recurso ao *Microsoft Forms*.

3.5.1.1 Resultados totais por idade e sexo

A idade destes alunos está compreendida entre os 15 e os 16 anos. Compõem a amostra 23 alunos no grupo de intervenção e 21 alunos no grupo de comparação, já que devido à Pandemia COVID-19, estão ausentes em isolamento. No grupo de comparação, 52% são do sexo feminino e 48% são do sexo masculino. A composição dos grupos é idêntica, ou seja 52% de elementos do sexo feminino e 48% de elementos do sexo masculino. A idade média do grupo é precisamente igual em ambos os grupos.

Tabela 3.7: Composição do grupo de intervenção e grupo de comparação.

	N	Sexo Masculino	Sexo Feminino	Idade Média
Grupo de Intervenção	21	10	11	15.1
Grupo de Comparação	23	11	12	15.1

Composição do grupo de Intervenção N=21

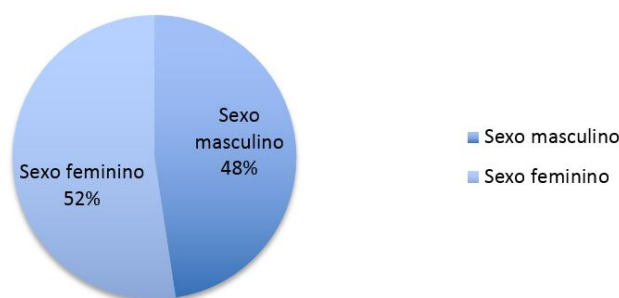


Figura 3.15: Composição do grupo de intervenção.

Composição do grupo de comparação N=23

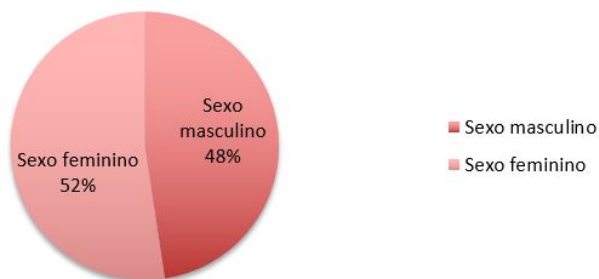


Figura 3.16: Composição do grupo de comparação.

3.5.1.2 Resultados por grupo

Tabela 3.8: Resultados obtidos a partir da Ficha de Diagnóstico.

Questão	Conceção	Grupo de Intervenção			Grupo de Comparação		
		% TA	% SM	% SF	% TA	% SM	% SF
1	A energia é uma força	70	26	43	48	24	24
2	Um objeto que não se está a mover não tem energia	39	22	17	10	0	10
3	Há destruição de energia quando esta é convertida nouro tipo de energia	52	17	35	33	14	19
4	A energia potencial gravítica é a única forma de energia potencial	17	17	0	5	0	5
5	Quando um objeto é deixado cair para o chão, a energia potencial gravítica transforma-se imediatamente, em energia cinética	30	13	17	19	14	5
6	Apenas objetivos vivos exercem forças	26	0	26	5	0	5
7	A natureza da força gravítica que actua numa maçã é diferente da que atua sobre a lua	65	39	26	81	38	43
8	Quando aplica uma força com a sua mão num objeto, a mão continua a exercer essa força no objeto, mesmo depois de haver contacto	48	17	30	67	33	33
9	O trabalho realizado pela força gravítica, num movimento descendente, tem valor negativo	35	9	26	24	14	10
10	O trabalho tem a direção do deslocamento do objeto	87	39	48	57	33	24
	Média	44	20	27	35	17	18

Legenda: TA- Total de Alunos; SM – Sexo masculino; SF – Sexo feminino

Conceções alternativas presentes nos dois grupos

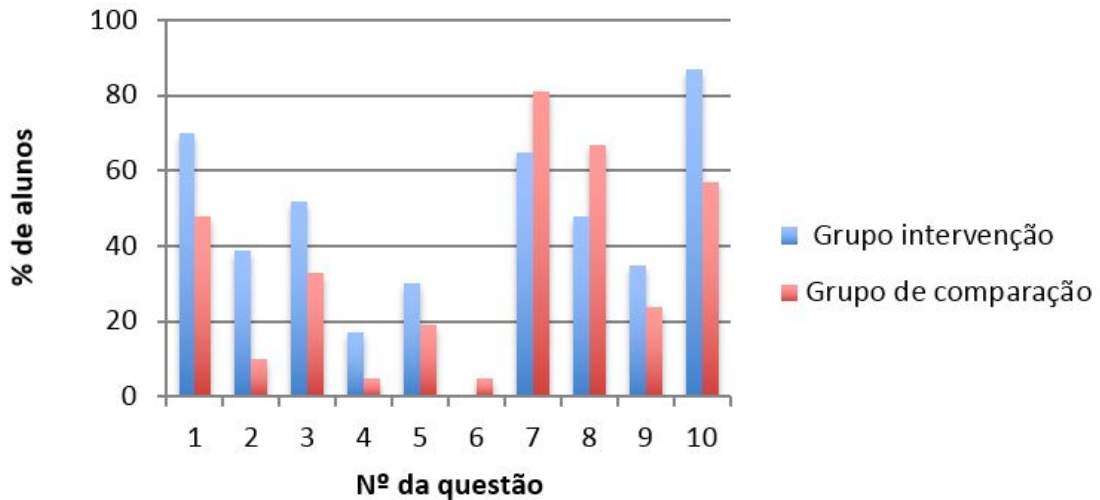


Figura 3.17: Resultado da ficha de diagnóstico do grupo de comparação e intervenção.

Pela análise do gráfico, considera-se que as concepções alternativas mais comuns em ambos os grupos são “a energia é um força”, “a natureza da força gravítica que atua numa maçã é diferente da que atua sobre a lua” e ainda as relacionadas com o conceito de trabalho. A concepção incorreta de que uma força se mantém num objeto mesmo após o fim da sua aplicação, embora não diretamente relacionada com o conceito de energia, é uma das mais frequentes também. A percentagem de concepções incorretas é superior no grupo de intervenção, face ao grupo de comparação.

3.5.1.3 Resultados totais por grupo e sexo

Nos dois grupos existe uma diferença entre o valor médio do número de concepções alternativas, no que diz respeito aos dois sexos. O sexo feminino apresenta um valor superior médio no grupo intervenção (27% face a 20% do sexo masculino), enquanto que este resultado é apenas ligeiramente inferior no grupo de comparação (18% no sexo feminino, face a 17% no sexo masculino).

Conceções alternativas no grupo de intervenção

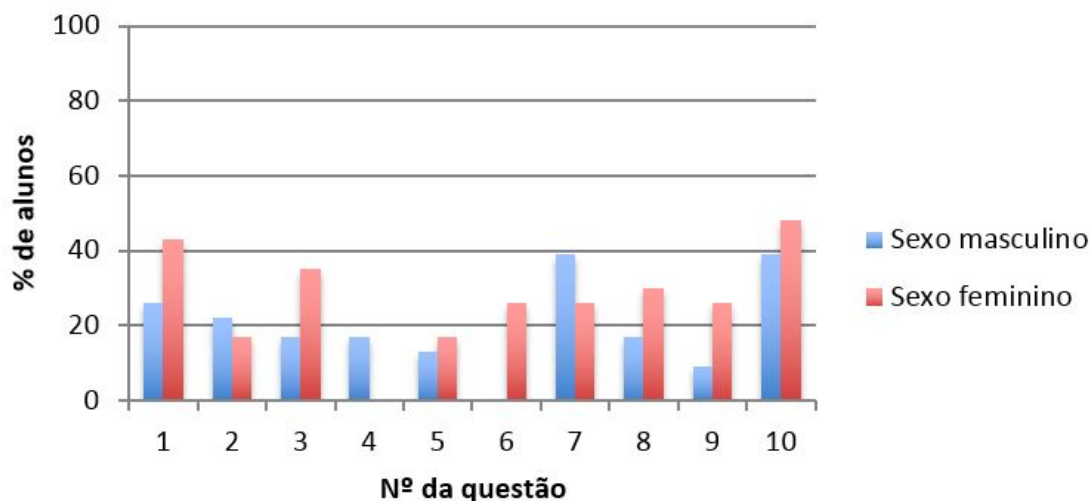


Figura 3.18: Resultados por sexo do grupo intervenção.

Conceções alternativas no grupo de comparação

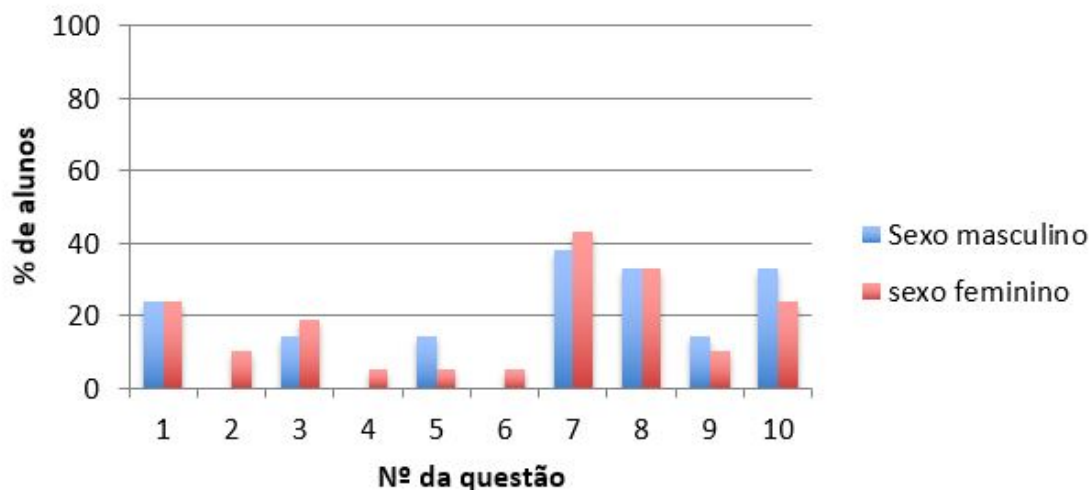


Figura 3.19: Resultados por sexo do grupo de comparação.

O sexo feminino representa a totalidade das respostas incorretas relativamente à conceção “apenas os seres vivos exercem forças”, no grupo de intervenção, enquanto que “a energia potencial gravítica é a única forma de energia potencial” é atribuída na totalidade ao sexo masculino. No grupo de comparação, as conceções “um objeto que não se está a mover

não tem energia”, “apenas os seres vivos exercem forças” e “a energia potencial gravítica é a única forma de energia potencial” são exclusivamente atribuídas ao sexo feminino.

3.5.2 Resultados obtidos durante a intervenção

A utilização de *cartoons* em sala de aula não constituiu estranheza ao grupo de intervenção. Os alunos reagiram com naturalidade, sendo o seu comportamento e empenho em sala de aula melhorados. Também o número de questões colocadas e a natureza das mesmas foram superiores no grupo de intervenção, passando a incluir a dimensão da história da ciência. Por outro lado, após a aplicação da sequência didática, os alunos tomaram a iniciativa de solicitar à professora, em aulas expositivas, intervalos de alguns minutos, para poderem explicar os conceitos, exercícios ou deduções de equações, aos colegas.

Tabela 3.9: Grelha de registos de observação durante a sequência didática.

Descritor	Grupo de Intervenção	Grupo de Comparação
Colaboração dos elementos do grupo na elaboração do trabalho conjunto	Sempre	Com frequência
Autonomia na realização das tarefas	Com frequência	Raramente
Participação, empenho e persistência no trabalho	Com frequência	Raramente
Comportamento adequado em sala de aula, nomeadamente a presença de diálogos paralelos	Com frequência	Nunca

Escala: 1- Nunca; 2:Raramente; 3-Com frequência; 4-Sempre

Tabela 3.10: Comentários dos alunos do Grupo de Intervenção que demonstram motivação, conhecimento, auto-análise e diálogo.

Comentários dos alunos do Grupo de Intervenção que demonstram motivação, conhecimento, auto-análise e diálogo
<ul style="list-style-type: none"> - “não sabia que a Física também está relacionada com a sustentabilidade” - “o Sod faz-me lembrar alguém” - “afinal a Física também se aplica na vida” - “ficou tudo mais claro” - “as aulas assim são mais descontraídas e eu aprendo melhor” - “a professora está a esforçar-se para que nós percebamos” - “pensei que o conceito de energia sempre tivesse existido” - “precisava de mais tempo de aula para perceber esta disciplina mesmo desta forma”

3.5.3 Resultados obtidos através dos mapas conceptuais antes e após a intervenção

Em ambos os grupos, não havia qualquer experiência por parte dos alunos em conceber mapas conceptuais, apesar de a literatura apontar esta ferramenta como uma das mais

importantes no ensino das ciências, já que permite o resumo, a inter-relação e conceptualização significativa (Ingeç, 2009). Um bom mapa conceptual deve conter uma relação complexa entre os conceitos e proposições. Ao ser solicitado aos alunos de ambos os grupos a realização de um mapa conceptual após a conclusão da Ficha nº 1 (Conceitos de força, energia e trabalho), contendo os conceitos força, energia e trabalho, antes da intervenção, verifica-se uma diferença de desempenho, em termos dos dois grupos, o de intervenção e o de comparação. Abaixo encontram-se imagens de exemplos de mapas conceptuais realizados pelos alunos dos dois grupos. Enquanto no primeiro, se verifica uma inter-relação entre os três conceitos, no segundo verifica-se essa inexistência, bem como a ausência do conceito de trabalho, como da incorreção “energia molecular”.

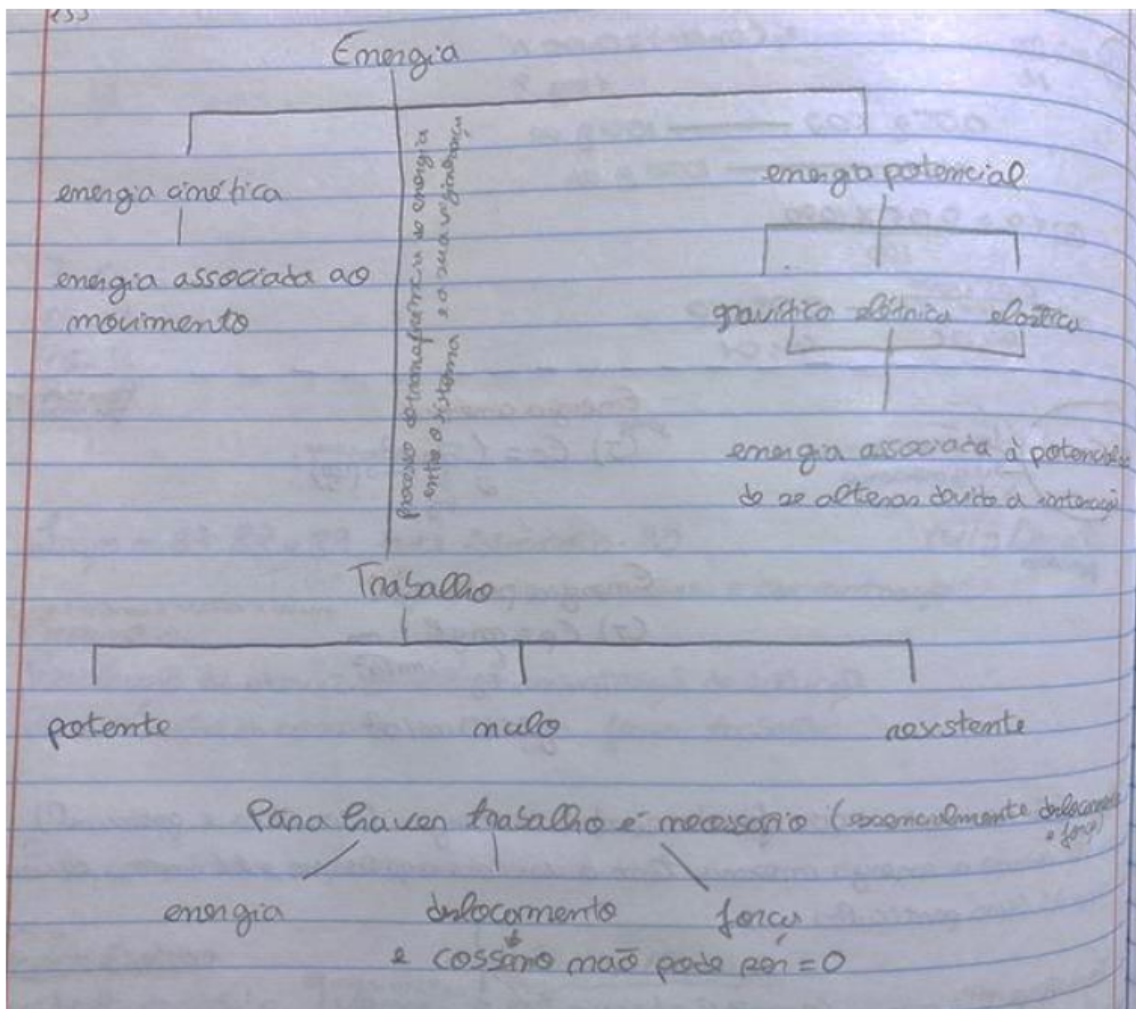


Figura 3.20: Exemplo de Mapa Conceptual produzido por um aluno do grupo de intervenção.

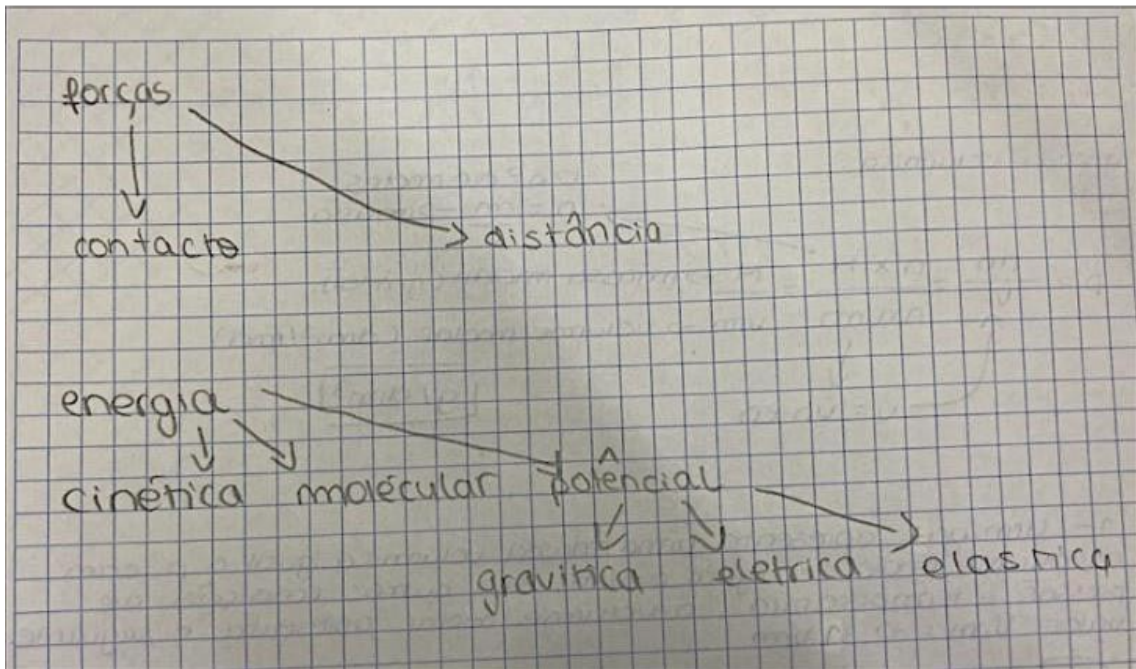


Figura 3.21: Exemplo de Mapa Conceptual produzido por um aluno do grupo de comparação.

Após a intervenção, foi desenvolvido pela Professora, um mapa conceptual com espaços vazios para preencher através da aplicação Bubbl.us, cujos resultados de ambos os grupos se encontram abaixo.

Tabela 3.11: Resultados das questões relacionadas com o Mapa Conceptual.

		A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	Média
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
Grupo de intervenção	N=26	32	0	24	3	29	0	10	0	8	30	13,6
Grupo de Comparação	N=28	40	0	23	4	27	1	9	0	10	67	18,1

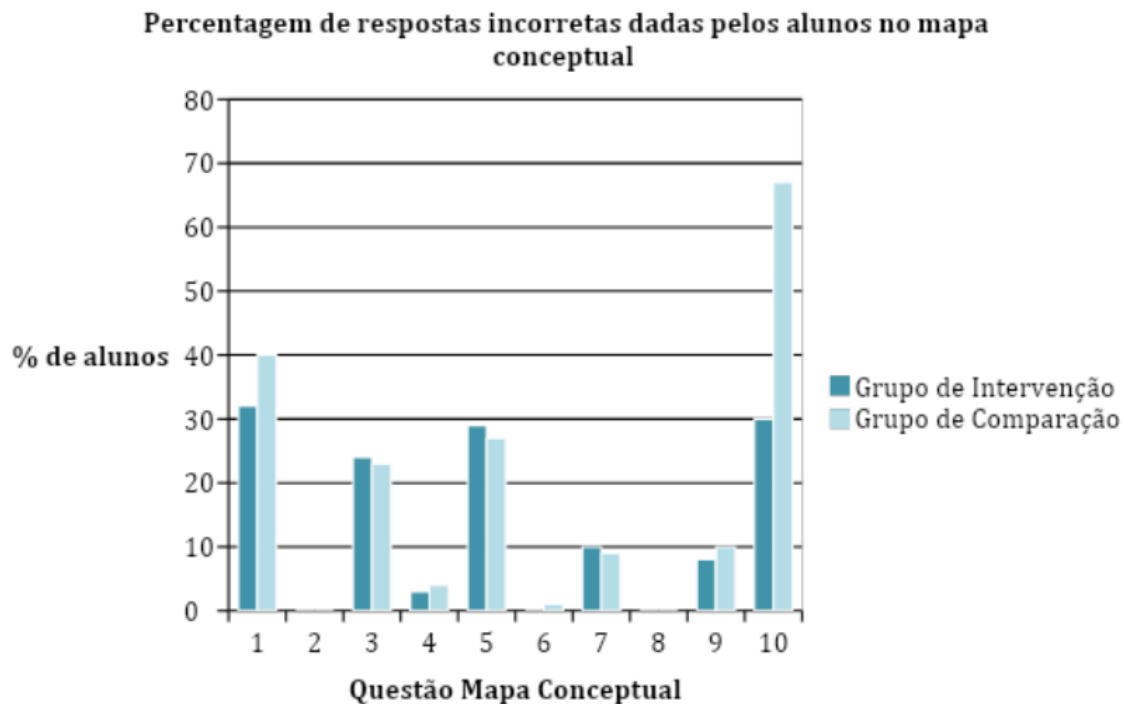


Figura 3.22: Resultados das questões relacionadas com o Mapa Conceptual.

Verifica-se que as questões com maior percentagem de incorreções são as seguintes:

- Trabalho do peso nulo devido ao facto de ser uma força conservativa (1);
- Teorema da energia cinética (3);
- $W_{\vec{F}_r} = \Delta E_C = -\Delta E_P$ no caso do peso ser a única força exercida no sistema, ou as restantes não realizarem trabalho (5);
- Força exercida pela mão a levantar um objeto, como exemplo de força não conservativa (10);

O grupo de intervenção apresenta valores ligeiramente superiores nas questões 3 e 5. Apresenta um valor ligeiramente inferior na questão 1 e manifestamente inferior na questão 10.

3.6 Discussão dos resultados

Os resultados obtidos conduzem aos previstos na literatura e previamente formulados, permitindo aos alunos melhorar a sua sistematização de raciocínios e comunicação oral, aplicar estratégias de resolução de problemas, assinalados como dificuldades pelos mesmos. Por outro lado, esta interconexão do tema energia com o desenvolvimento sustentável e os ODS, permite aos alunos compreender que o conhecimento é uma rede complexa, e que a aprendizagem de física está alinhada com conhecimento construído, quase sempre

ignorado, no tradicional ensino das leis, equações e sua aplicação matemática. O conhecimento das concepções alternativas dos alunos previamente à sequência didática permitiu deduzir as suas *deficiências* no conhecimento e na relação desse mesmo conhecimento. Uma vez que a construção de um novo conhecimento pressupõe e completa o conhecimento anterior detido pelos alunos, foi importante relembrar em sala de aula as Leis de Newton. Ao não fazerem a distinção entre força e energia, ao não entenderem que o movimento é possível sem a ação de uma força de contacto, pressupõe-se a não compreensão da Lei da Inércia por parte destes alunos, que faz parte das Aprendizagens Essenciais de Ciências Físico-Químicas do 9º ano do Ensino Básico. O comprometimento destas aprendizagens fará com que mais tarde, conceitos relacionados como colisões ou momento linear possam não ser bem compreendidos. O conceito de trabalho, como transferência de energia, não faz já parte deste documento orientador, pelo que os alunos apenas têm o primeiro contacto com ele, no ensino secundário. Este facto pode explicar os resultados obtidos relativamente às elevadas percentagens de respostas incorretas, relacionadas com este tema. Após a sequência didática, a questão relacionada com a força não conservativa mostra ser aquela em que os alunos revelam mais dificuldade, sendo intrinsecamente também relacionada com o conceito de trabalho. A questão relacionada com a conservação de energia, foi a quinta questão menos acertada nos dois grupos, o que não deixa de ser paradigmático, já que a Lei da Conservação da Energia é abordada no ensino básico, não só em Ciências Físico-Químicas mas também em Ciências Naturais. Os alunos não distinguem aparentemente, “destruição” e “transformação” Por outro lado, a utilização de simuladores, para o aprofundamento de conceitos relacionados com o Teorema da Energia Cinética ou a Conservação da Energia Mecânica, e ainda o tipo de diálogo socrático, em que a professora questionou continuamente os alunos em sala de aula e promove a comunicação, abordando as questões conceptuais investigadas na Ficha de Diagnóstico, será mais um fator que promoverá o sucesso da aprendizagem, não podendo ser analisado de forma desconectada com a sequência didática. As concepções alternativas dos dois grupos, prévias à aplicação da sequência didática, confirmam também o sugerido na literatura. Os conceitos de força e energia são intrinsecamente complexos e difíceis de distinguir pela generalidade dos alunos em situações problemáticas. Os alunos parecem conhecer profundamente o conceito de força, porque o aplicam no dia a dia, contudo não no contexto da Física, como uma interação e não como uma propriedade dos corpos. O mesmo se passa com o conceito de energia, que ao ser um conceito abstrato, se torna longínquo do seu conceito do dia a dia. Regista-se um valor superior médio em termos de concepções alternativas no que diz respeito ao grupo de intervenção (44%), face ao grupo de comparação (35%). Por outro lado, no que diz respeito aos mapas conceptuais realizados pelos alunos, havia um desconhecimento total em todos os alunos de ambos os grupos, tendo o grupo de intervenção conseguido produzir um maior número de interpelações, como demonstrado pelos exemplos das figuras 3.21 e 3.20.

Os resultados do *quiz* do Mapa Conceptual final mostram que os valores, apesar de semelhantes, revelam uma diferença, 18,6% no grupo de comparação face a 13,1% no grupo

de intervenção. A maior diferença registada está relacionada com a força exercida pela mão para elevar um objeto, como exemplo de uma força não conservativa, resposta dada incorretamente por 67% dos alunos do grupo de comparação face a 30% do grupo de intervenção. Segundo Halilovic (Halilović, Mešić, Hasović, & Dervić, 2021) a identificação das forças que atuam num sistema é um dos aspetos que causa maior dificuldade aos alunos, bem como a sua categorização em conservativas ou não-conservativas. Este desconhecimento poderá estar relacionado com o conceito de sistema em si, que ao não estar bem aprendido, compromete também a aprendizagem da Lei da Conservação da Energia Mecânica, mas também outros domínios da Física, como a Termodinâmica. Habitualmente os alunos utilizam apenas as equações com vista à resolução de problemas, dedicando pouco tempo ao conhecimento qualitativo mais aprofundado, e portanto à sua interpretação física e conseqüente relação semântica (Kim, Cheong, & Song, 2018). Relativamente aos resultados de avaliação sumativa da aprendizagem dos alunos, a análise foi realizada de forma empírica. Os resultados obtidos vêm reforçar o contributo no sucesso da aprendizagem dos alunos do grupo de intervenção.

3.7 Conclusões e sugestões para futuras investigações

Neste estudo investigativo aplicou-se a estratégia de *storytelling* e *cartoon* no contexto do ensino do domínio da energia e movimentos em Física, no 10^o ano de escolaridade, num contexto de comunicação educativa, que implica que os alunos se possam afirmar como sujeitos ativos, participativos e corresponsáveis pelas suas aprendizagens (Cosme et al., 2021). Para isso, foram utilizadas metodologias de recolha de dados qualitativas e quantitativas. Findo o trabalho de análise dos dados obtidos, foi possível retirar um conjunto de conclusões, relativamente às questões problema inicialmente colocadas. Embora os resultados não possam ser generalizados, é possível retirar algumas ilações, algumas delas, com implicações para investigações futuras.

A utilização desta metodologia, em que o professor se assume como facilitador da aprendizagem, através de uma estratégia ativa de aprendizagem, ao tornar os alunos mais envolvidos no trabalho em sala de aula, constitui um claro incentivo relativamente à aprendizagem do tema da energia, permitindo ter aprendizagens mais consolidadas e significativas, possibilitando aos alunos ouvir, falar e ponderar acerca das suas aprendizagens, ou seja, dito por outras palavras, desenvolver as competências cognitivas, interpessoais e intrapessoais de acordo com os objetivos da educação para o século XXI.

As limitações desta investigação, inerente ao estudo realizado, estão relacionadas sobretudo com a dimensão da amostra, agravada pelas faltas dos alunos devido ao isolamento, e com a técnica de recolha de dados. Embora os resultados obtidos estejam alinhados com os previstos na literatura, a limitação quantitativa da amostra, e o facto dos alunos serem pertencentes a uma mesma escola, que espelha uma realidade específica, não permite uma generalização. Assim, não é possível tirar ilações para outros anos do ensino secundário ou mesmo no ensino básico. Será interessante alargar a investigação em con-

texto disciplinar e outros anos de escolaridade e níveis de ensino, de forma a extrapolar resultados, bem como utilizar uma validação externa da mesma. Por outro lado, a resolução de problemas, e subsequente interpretação de enunciados e cálculo matemático, e sua relação com uma aprendizagem não foram também avaliados neste estudo.

Um outro fator, que é a motivação intrínseca dos alunos para esta disciplina, não foi igualmente avaliado neste estudo. Sabendo que a área tecnológica é bastante atrativa em termos de empregabilidade, muitos alunos acabam por a selecionar no ensino secundário, não tendo contudo a motivação para estudar Física, Química ou Matemática. A importância de “cultivar o gosto pela descoberta” deve ser apoiada em boas práticas, que se espelham em iniciativas empreendidas desde o ensino básico (Carrapatoso, 2005). A falta de pré-requisitos no que diz respeito à disciplina de Física, mas também de Matemática, acentuada pelo confinamento dos alunos durante dois períodos de tempo, em dois anos letivos consecutivos, durante os anos finais do ensino básico, embora subentendida de forma empírica pela autora, não foi investigada de forma quantitativa nesta investigação. Os resultados deste estudo mostram também a complexidade de causas inerentes às dificuldades na disciplina de Física e Química A no 10^o ano de escolaridade, bem como especificamente, ao estudo do tema da energia. Uma vez que ao longo dos últimos anos, os resultados do exame nacional de Física e Química A não têm melhorado, e sendo a Física considerada uma das disciplinas mais problemáticas na área das ciências, exigindo competências de cálculo matemático, interpretação de problemas e textos bem como de expressão escrita (Salgado, 2012) (Guido, 2018), será necessário repensar novas estratégias que permitam ultrapassar estas dificuldades e tornar a disciplina por um lado, mais divertida e relacionada com o dia a dia dos alunos, por um lado e, por outro, aprendida de forma mais efetiva. Sabe-se hoje a importância que as emoções desempenham na aprendizagem, devendo a estratégia *hearts-on* ser a base da aprendizagem da ciência, aliada aos aspetos humanísticos, integrando assim a própria história das ciências (Song, 2006). Seria interessante também, para além do subdomínio da “energia e movimentos”, estudar novamente a existência de conceções alternativas no final do estudo dos subdomínios “energia e fenómenos elétricos” bem como “energia e fenómenos térmicos e radiação” a fim de apurar as possíveis relações conceptuais sobre energia no seu aspeto global.

Verificou-se ainda uma diferença significativa no que diz respeito a alunos do sexo feminino e masculino, sobretudo, no grupo de intervenção, que será interessante aprofundar num estudo futuro. De acordo com Zohar & Sela (Zohar & Sela, 2003), existe uma correlação entre o sexo e forma como se dá a aprendizagem de Física, isto é, como desenvolvem as suas estruturas cognitivas. As alunas do sexo feminino são mais pressionadas pela competição existente nas aulas de Física, sendo prejudicadas pelo ensino-aprendizagem de conceitos pouco aprofundado, o que leva a supor que um ensino mais apoiado num base conceptual as poderá favorecer.

Em termos de reflexão final, a autora salienta cinco pontos:

1. De acordo com a investigação realizada, este estudo é inovador em Portugal, no que diz respeito à utilização desta metodologia no ensino de Física, no ensino secundário

pelo que poderá constituir um novo campo de pesquisa nesta área, no nosso contexto nacional;

2. Para cumprir o extenso programa do 10^o ano de escolaridade, a planificação do número de aulas é demasiado reduzida, tendo a aula decorrido com ritmo rápido para realizar as atividades propostas, nomeadamente as que envolvem simulações. É notório o desconhecimento dos alunos relativamente às Leis de Newton ou conceitos relacionados com energia e trabalho. A Lei da Conservação da Energia apesar de já ser do conhecimento dos alunos não é compreendida, nem tão pouco estes a relacionam com os conhecimentos aprendidos em Ciências Naturais. Por outro lado, é também significativo a total ausência de prática na realização de mapas conceptuais, pelo que uma revisão mais aprofundada dos conceitos anteriores ou o treino de ferramentas que o permitam deve ser considerada;
3. Relativamente às simulações, será de propor exercícios que promovam ainda mais o conhecimento conceptual. Para isso, pode ser sugerido aos alunos construïrem a sua própria situação problemática e resolverem-na;
4. A metodologia, promove a análise e o espírito crítico dos alunos, levando-os a refletir conceptualmente e a desenvolver a sua curiosidade pela ciência e história da ciência, indo assim de encontro ao preconizado pelos documentos orientadores e literatura existente;

Em suma, e como reflexão pessoal, a autora gostaria de enfatizar o papel último da educação em ciências, como o desenvolvimento da literacia científica em jovens, no quadro de uma aprendizagem cujo foco está na comunicação estabelecida entre o professor e aluno. A uma ciência útil (interdisciplinar, conectada com o contexto escolar e quotidiano do aluno) e que contribui para a formação científica e tecnológica dos futuros decisores políticos do amanhã, a questão última e central deve então ser: *como tornar a ciência mais apelativa?*

Referências

- Agrupamento de Escolas Monte da Lua. (2017). Site do agrupamento de escolas monte da lua. Retrieved 15 Outubro 2021, from <https://agml.pt/> ix, 4, 5
- Almeida, M. (2004). Preparação de professores de física. *Edições Almedina*. 16
- Anikina, O. V., & Yakimenko, E. V. (2015). Edutainment as a modern technology of education. *Procedia - Social and Behavioral Sciences*, 166, 475-479. (Proceedings of The International Conference on Research Paradigms Transformation in Social Sciences 2014) doi: <https://doi.org/10.1016/j.sbspro.2014.12.558> 22, 23
- Atasoy, S., & Ergin, S. (2016, 11). The effect of concept cartoon-embedded worksheets on grade 9 students' conceptual understanding of newton's laws of motion. *Research in Science and Technological Education*, 35. doi: 10.1080/02635143.2016.1248926 viii, 25, 27
- Brockington, G. (2021, 01). Neurociência e ensino de física: limites e possibilidades em um campo inexplorado. *Revista Brasileira de Ensino de Física*, 43. doi: 10.1590/1806-9126-rbef-2020-0430 21
- Carrapatoso, E. (2005). Global congress on engineering and technology education. *March 13 - 16, 2005, São Paulo, BRAZIL*. 49
- Carreira, P. M. S. (2021). Técnicas teatrais no ensino da física - atividade de improvisação. técnicas teatrais no ensino da química - atividade de teatro-fórum. *FCUP - Relatório de Estágio*. Retrieved from <https://hdl.handle.net/10216/135879> 23
- Chang, W. (2005, 01). Impact of constructivist teaching on students' beliefs about teaching and learning in introductory physics. *Canadian Journal of Math, Science & Technology Education*, 95-109. doi: 10.1080/14926150509556646 ix, 14
- Coelho, R. (2007, 08). On the concept of energy: How understanding its history can improve physics teaching. *Science Education*, 18, 961-983. doi: 10.1007/s11191-007-9128-0 14, 15
- Comics, P. (1997). <https://phdcomics.com/>, consultado a 15 de março de 2022. viii, 28
- Cosme, A., Lima, L., Ferreira, D., & Ferreira, N. (2021). Metodologias, métodos e situações de aprendizagem – propostas e estratégias de ação. *Porto Editora*. doi: ISBN978-972-0-34049-8 8, 9, 48
- Costa, E. A. d., & Pires, M. V. (2016). Comunicar na sala de aula: um estudo com alunos do ensino básico. *Instituto Politécnico*, 301–309. 21
- Coutinho, C. P., & Bottentuit, J. B. J. (2007). Comunidade e cidadania : actas do 5º congresso sopcom. *Universidade do Minho, Congresso da sociedade portuguesa de ciências da comunicação*, 5, Braga. 22
- DeFigueredo, N. M. (1994). "using science misconceptions for developing critical thinking in learners and teachers". *Critical and Creative Thinking Capstones Collection*, 85(13). Retrieved from https://scholarworks.umb.edu/cct_capstone/85 19
- Departamento de Educação Básica, Ministério da Educação. (2001). Orientações curriculares – ciências físicas e naturais. Retrieved 21 Dezembro

- 2021, from https://www.dge.mec.pt/sites/default/files/ficheiros/eb_cfn_orient_curriculares_3c_1.pdf 8
- DGE. (2017). Perfil do aluno à saída da escolaridade obrigatória. Retrieved 1 Novembro 2021, from https://dge.mec.pt/sites/default/files/Curriculo/Projeto_Autonomia_e_Flexibilidade/perfil_dos_alunos.pdf 9
- DGE. (2018). Aprendizagens essenciais de física e química a do 10º ano do ensino secundário. *República Portuguesa*. 18, 19
- DGEEC. (2016, Outubro). Desigualdade socioeconómicas e resultados escolares ii. 6
- Diário da República nº37/2012. (2012). Decreto-lei nº 41/2012. Retrieved 21 Dezembro 2021, from <https://dre.pt/dre/legislacao-consolidada/decreto-lei/2012-117105579> 6
- Doménech, J., Pérez, D., Gras-Martí, A., Guisasola, J., Martínez Torregrosa, J., Salinas, J., ... Vilches, A. (2007, 01). Teaching of energy issues: A debate proposal for a global reorientation. *Science Education*, 16, 43-64. doi: 10.1007/s11191-005-5036-3 16, 18
- Duvan, J., Reyes, J., Osma, G. P., & Bustos, E. (2019, 09). Teaching physics through contextualised concept cartoons. *Revista Letral*, 3. doi: 10.14483/23448350.15156 26
- Ekici, E. (2017). “why do i slog through the physics?” understanding high school students’ difficulties in learning physics. *Journal of Education and Practice* 7(7), 95-107. 13
- Escola, J. J. J. (2020). Comunicação educativa: perspectivas e desafios com a covid-19. *Educação & Realidade*, v. 45, n. 4. Retrieved from <https://doi.org/10.1590/2175-6236109345> doi: 10.1590/2175-6236109345 22
- Ferraz, R. C. (2014). Storytelling interativo: a banda desenhada nos novos meios digitais de informação. *Dissertação de Mestrado. Mestrado em Ciências da Comunicação. Universidade do Minho*. doi: <http://repositorium.sdum.uminho.pt/handle/1822/34302> 25
- Ferreira, J. C., & Raboni, P. (2013, 04). A ficção científica de júlio verne e o ensino de física: uma análise de “vinte mil léguas submarinas”. *Caderno Brasileiro de Ensino de Física*, 30. doi: 10.5007/2175-7941.2013v30n1p84 24
- Gafoor, K., & Vevaremmal, S. (2013, 01). Role of concept cartoons in chemistry learning. 26
- Gomes, L. (2015, 03). A história da evolução do conceito físico de energia como subsídio para o seu ensino e aprendizagem – parte ii. *Caderno Brasileiro de Ensino de Física*, 32, 407. doi: 10.5007/2175-7941.2015v32n2p407 16
- Gonick, L., & Huffman, A. (1996). The cartoon guide to physics. new york: Harperperennial. viii, 29
- González-Espada, W. (2003, 01). Integrating physical science and the graphic arts with scientifically accurate comic strips: rationale, description and implementation.

- REEC: Revista electrónica de enseñanza de las ciencias, ISSN 1579-1513, Vol. 2, Nº. 1, 2003, 2. 25*
- Green, J. (2021). Powerful ideas of science and how to teach them. *Routledge*. 15, 17
- Guido, R. M. (2018, 05). Attitude and motivation towards learning physics. 49
- Hadzigeorgiou, Y. (2005, dec). Humanizing the teaching of physics through storytelling: the case of current electricity. *Physics Education*, 41(1), 42-46. Retrieved from <https://doi.org/10.1088/0031-9120/41/1/003> doi: 10.1088/0031-9120/41/1/003 24
- Halilović, A., Mešić, V., Hasović, I., & Dervić, D. (2021, 06). Students' difficulties in applying the law of conservation of mechanical energy: Results of a survey research. *The European Educational Researcher*, 4, 171-192. doi: 10.31757/euer.423 48
- Hewitt, P. G. (2015). Conceptual physics. *Pearson*. Retrieved from <https://www.pearson.com/us/higher-education/product/Hewitt-Conceptual-Physics-12th-Edition/9780321909107.html?tab=authors> doi: ISBN:9780321909107 6, 15
- Hicks, N. (1983, 11). Energy is the capacity to do work-or is it? *The Physics Teacher*, 21, 529-530. doi: 10.1119/1.2341393 16
- IAVE. (2017). Exames finais nacionais – ensino secundário, relatório nacional: 2010-2016. Retrieved 1 Novembro 2021, from <https://iave.pt/relatorios/> 13
- INE. (2021). Censos 2021. Retrieved 23 Novembro 2021, from https://www.ine.pt/scripts/db_censos_2021.html 3
- Ingec, S. (2009, 09). Analysing concept maps as an assessment tool in teaching physics and comparison with the achievement tests. *International Journal of Science Education - INT J SCI EDUC*, 31, 1897-1915. doi: 10.1080/09500690802275820 10
- Ingec, S. (2010, 06). Use of concept cartoons as an assessment tool in physics education. *Online Submission*. viii, 26
- Ipek Akbulut, H., & Calik, M. (2008, 01). Combining different conceptual change methods within fourstep constructivist teaching model: A sample teaching of series and parallel circuits. *International Journal of Environmental & Science Education*, 3, ix, 13, 14
- Kennepohl, D., & Roesky, H. W. (2008). Drawing attention with chemistry cartoons. *Journal of Chemical Education*, 85(10), 1355. Retrieved from <https://doi.org/10.1021/ed085p1355> doi: 10.1021/ed085p1355 23
- Kim, M., Cheong, Y., & Song, J. (2018, 07). The meanings of physics equations and physics education. *Journal of the Korean Physical Society*, 73, 145-151. doi: 10.3938/jkps.73.145 48
- Kola, A. (2017, 06). Developing a constructivist model for effective physics learning. *International Journal of Trend in Scientific Research and Development*, 1, 59-67. doi: 10.31142/ijtsrd85 13

- Koliopoulos, D. (2015, 11). Teaching and learning of energy in k-12 education. *Science Education*, 25. doi: 10.1007/s11191-015-9795-1 15, 17
- Kotluk, N., & Kocakaya, S. (2017, 01). The effect of creating digital storytelling on secondary school students' academic achievement, self efficacy perceptions and attitudes toward physics. *International Journal of Research in Education and Science*, 3, 218-227. 23, 24, 25
- Kuczmann, I. (2017). The structure of knowledge and students' misconceptions in physics. *AIP Conference Proceedings*, 1916(1), 050001. Retrieved from <https://aip.scitation.org/doi/abs/10.1063/1.5017454> doi: 10.1063/1.5017454 21
- Kurniawan, Y., Mulyani, R., & Nassim, S. (2019, 10). Jurnal ilmiah pendidikan fisikaal-biruni 08 (2) (2019) 207-216 digital story conceptual change-oriented (dsc) to reduce student misconceptions in physics. *Jurnal Ilmiah Pendidikan Fisika Al-Biruni*, 8. doi: 10.24042/jipfalbiruni.voio.4596 25
- Leão, A. F. C., & Goi, M. E. J. (2021, Oct.). A look at bruner's learning theory on science teaching. *Research, Society and Development*, 10(13), e367101321214. Retrieved from <https://rsdjournal.org/index.php/rsd/article/view/21214> doi: 10.33448/rsd-v10i13.21214 14
- Liu, G. (2016, 01). Student misconceptions about force and acceleration in physics and engineering mechanics education. *International Journal of Engineering Education*, 32, 19-29. 21
- Liu, G., & Fang, N. (2017). Asee gulf-southwest section annual conference. , *EUA*. ix, 13, 20
- Millar, R. H. (2005). Teaching about energy [Report]. *University of York, Department of Educational Studies*, 11. Retrieved from <https://eprints.whiterose.ac.uk/129328/> 14, 15, 16
- Morgado, J. (2007). Aprender conceitos de física: das dificuldades de aprendizagem ao estudo e aplicação de algumas estratégias em contexto de sala de aula. *Dissertação de Mestrado, Faculdade de Ciências do Porto*. 9, 11, 21
- Naylor, S., & Keogh, B. (2013, 01). Concept cartoons: What have we learnt? *Journal of Turkish Science Education*, 10, 3-11. 26
- Nitta, H., & Keita, T. (2011). The manga guide to physics. *Trend-pro co., ltd*. Retrieved from https://www.teacherrambo.com/_MyStuff/The%20Manga%20Guide%20to%20Physics.pdf viii, 28, 30
- OCDE. (2018). Relatório pisa 2018. Retrieved 2 Dezembro 2021, from <https://www.oecd.org/pisa/publications/pisa-2018-results.htm> 8
- Oliveira, C., & Ghisleni, T. (2020, 01). Educomunicação: contribuição ao ensino e aprendizagem. *Disciplinarum Scientia - Ciências Humanas*, 21, 277-295. doi: 10.37780/dsch.v21i2.3651 22
- Papadouris, N., & Constantinou, C. (2010, 10). A philosophically informed teaching proposal on the topic of energy for students aged 11–14. *Science Education*, 20, 961-979. doi: 10.1007/s11191-010-9305-4 15, 16

- Pires, E. G. (2010). A experiência audiovisual nos espaços educativos: possíveis interseções entre educação e comunicação. *Educação e Pesquisa*, v. 36, n. 1, 281–295. doi: 10.1590/S1517-97022010000100006 22
- Pordata. (2009). Base de dados de Portugal contemporâneo. Retrieved 23 Novembro 2021, from <https://www.pordata.pt/Municipios> 3
- Quintanal, F. (2013, 06). Educomunicación en física y química de bachillerato. *Revista de Educación Mediática y TIC (Edmetic)*, 2. doi: 10.21071/edmetic.v2i2.2873 22
- Ramos, J., & Piassi, L. P. (2012, 05). Relatividade e gravitação com calvin e haroldo: o humor das tiras em quadrinho no ensino de física. viii, 28
- Rowcliffe, S. (2004, 09). Storytelling in science. *The School science review*, 86, 121-125. 24, 25
- Salgado, R. (2012). O (in)sucesso em física e química a: Um estudo com alunos e professores de uma escola secundária de Guimarães. *Tese para obtenção do grau de Mestre em Ciências da Educação Universidade do Minho*. 49
- Samsudin, A., Afif, N., Nugraha, M., Suhandi, A., Janeusse Fratiwi, N., Hadiana Aminudin, A., ... Coştu, B. (2021, 03). Reconstructing students misconceptions on work and energy through the pdeode*e tasks with think-pair-share. *Journal of Turkish Science Education*, 18, 118-144. doi: 10.36681/tused.2021.56 19, 20, 21
- Senturk, M., & Simsek, U. (2021). Educational comics and educational cartoons as teaching material in the social studies course. *African Educational Research Journal*, 9(2), 515–525. doi: <https://eric.ed.gov/?id=EJ1297182> 26
- Silva, F. A. G. G. (2008). O ensino da física em Portugal na sequência da reforma de 1947. 11
- Soares, I. (2012). Educomunicação: o conceito, o profissional, a aplicação: Contribuições para a reforma de ensino médio. *Paulinas EDITORA*. 22, 23
- Song, J. (2006). Humanizing science with context: Some context-rich approaches to teaching physics, 9th international conference on public communication of science and technology (pcast) seoul, south korea, 17-19 may 2006. 49
- Spies, A. (2005). As dificuldades com a linguagem específica e o educar pela pesquisa. *Dissertação de Mestrado em Programa de Pós-graduação em Educação em Ciências e Matemática da Faculdade de Física, Universidade Católica do Rio Grande Sul*. 13
- Stannard, R. (2000, dec). Communicating physics through story. *Physics Education*, 36(1), 30-34. Retrieved from <https://doi.org/10.1088/0031-9120/36/1/305> doi: 10.1088/0031-9120/36/1/305 24
- Taber, K. (2000, 01). Chemistry lessons for universities? a review of constructivist ideas. *University Chemistry Education*, 4, 63-72. 13, 14, 21
- Tarabek, P., & Adamcikova, V. (2009). Educational communication in science education. *International Conference on Physics Education: ICPE-2009, Tailândia*. 23

- Tatalovic, M. (2009, 11). Science comics as tools for science education and communication: A brief, exploratory study. *JCOM : Journal of Science Communication*, 8. doi: 10.22323/2.08040202 viii, 25, 27
- Torriani, G. T. (2021). Piaget, disney e o edutretenimento: Por uma psicologia transpessoal das organizaÇões. *Schème: Revista Eletrônica de Psicologia e Epistemologia Genéticas*, v. 13, n. 1, 41–81. Retrieved from <https://doi.org/10.36311/1984-1655.2021.v13n1.p41-81> (Disponível em:) doi: 10.36311/1984-1655 23
- Trindade, J. (1998, 01). Dificuldades na aprendizagem de física – alguma notas. *Ciência e Tecnologia*, 221-229. 13
- Trumper, R. (1997, 05). Applying conceptual conflict strategies in the learning of the energy concept. *Research in Science Technological Education*, 15, 5-18. doi: 10.1080/0263514970150101 16
- Valadares, J. (1995). Conceções alternativas no ensino da física à luz da filosofia da ciência. *Dissertação de Doutorado em Ciências da Educação, Universidade Aberta*. ix, 19, 20
- Victorio, F. A., & Pinto, M. (2018). Um pouco mais sobre as imagens visuais na educação e na cultura visual contemporâneas. *Revista Digital Do LAV*, 11(1), 179–191. doi: 10.5902/1983734831725 22
- Zohar, A., & Sela, D. (2003, 02). Her physics, his physics: Gender issues in israeli advanced placement physics classes. *International Journal of Science Education*, 25, 245-268. doi: 10.1080/09500690210126766 49

Apêndice A

Anexos

A.1 Resumo da Comunicação VII Ciclo de Conferências

Autora: Ana Cristina Fernandes

Título: "Somos todos feitos de pó de estrelas"- uma proposta para o ensino da origem do Universo.

Resumo: Partindo da célebre frase do astrofísico norte-americano Carl Sagan, “Somos todos feitos de pó de estrelas”, construiu-se uma proposta didática, contextualizada no domínio “Espaço”, subdomínio “Universo e distâncias no Universo”, indo de encontro às Aprendizagens Essenciais (2017), previstas para o 7º ano de escolaridade do Ensino Básico, na disciplina de Ciências Físico-Químicas. Esta proposta passa pela utilização de um *cartoon* conceptual, que pretende desconstruir as principais conceções alternativas dos alunos, presentes na literatura, relacionadas com a aprendizagem do *Big Bang*, integrando o saber científico e suas consequências sociais, conforme preconizado pelo Perfil do Aluno à Saída da Escolaridade Obrigatória (2017). Pretende-se, assim, complementar a linguagem científica formal com a utilização da imagem, numa estratégia de promoção do processo Ensino-Aprendizagem.

Palavras-chave: Universo, Big Bang, Ensino Básico, Ciências Físico-Químicas

A.2 Planificação da Aula de Física e Química A (Química)
10^o ano

PLANO DE AULA

Ano: 10º Turma 1 - Aulas nº 85/86 - Data: 3/12/2021

Duração da aula: 125 min

Sumário

Estrutura da Tabela Periódica e sua relação com a configuração eletrónica dos elementos. Proposta de trabalho investigativo sobre a Tabela Periódica da Sustentabilidade.

Objetivos de Aprendizagem

Aprendizagens Essenciais do 10º de escolaridade da disciplina de Física e Química A

Interpretar a organização da TP com base nas configurações eletrónicas dos elementos.

Áreas de Competências do Perfil do Aluno à Saída da Escolaridade Obrigatória (PASEO)

	<i>Linguagem e Textos</i>		<i>Desenvolvimento Pessoal e Autonomia</i>
x	<i>Informação e Comunicação</i>	x	<i>Bem Estar, saúde e ambiente</i>
x	<i>Raciocínio e Resolução de Problemas</i>		<i>Sensibilidade estética e artística</i>
x	<i>Pensamento crítico e pensamento criativo</i>	x	<i>Saber científico, técnico e tecnológico</i>
x	<i>Relacionamento Interpessoal</i>		<i>Consciência e domínio do corpo</i>

Conhecimentos prévios dos alunos

De acordo com as AE da disciplina de Ciências Físico-Químicas 9º ano, os alunos dispõem, dos seguintes *conhecimentos*:

- Distribuição electrónica dos átomos dos elementos e sua relação com a sua posição na Tabela Periódica;
- Localização dos grupos 1, 2, 17 e 18, e semelhança das propriedades químicas dos elementos;
- Distinção de metais e não metais com base em atividades laboratoriais.

De acordo com as AE da disciplina de Física e Química A, os alunos dispõem do conhecimento prévio dos seguintes *conceitos*:

- Constituição do átomo, número atómico e número de massa;
- Isótopos;
- Unidade de massa atómica e massa atómica relativa média;
- Energia de ionização e energia de remoção eletrónica;
- Configuração eletrónica de átomos e Regras associadas: Princípio da Construção, Regra de Hund e Princípio de Exclusão de Pauli
- Evolução histórica do modelo atómico do átomo

Conceitos da aula

Estrutura da Tabela Periódica

1. Revisões sobre conteúdos aprendidos no 9º ano do ensino básico;
2. Conceito de grupo, período e bloco e sua relação com a configuração eletrónica;
3. Divisão da Tabela Periódica em metais e não metais;
4. Elementos representativos dos blocos *s* e *p* e *d*.
 - Configuração eletrónica e localização na Tabela Periódica.

Ações Estratégicas: métodos, estratégias, tarefas e recursos

Métodos e estratégias

- Método expositivo com o apoio do manual escolar e recursos digitais;
- Atividade *hands-on*;
- Método da sala de aula invertida.

Recursos didáticos

- Manual escolar;
- Projetor multimédia;
- PC;
- *Smartphone*;
- Quadro branco;
- Canetas de quadro;
- Apagador;
- Plataforma *Teams* (para disponibilização dos recursos virtuais);
- Plataforma Aula Digital (para disponibilização do quiz);
- Gomas, saco e papel absorvente.

Monitorização para as Aprendizagens

Dificuldades prévias antecipadas

- Constituição do átomo: características das subpartículas no que diz respeito à sua carga e localização no átomo. *Os alunos interiorizam que o número de neutrões é igual ao número de protões para qualquer elemento da Tabela Periódica.*
- *A Tabela Periódica está organizada pelo (crescente) número atómico, tendo por base a estrutura atómica dos elementos.*
- Necessidade da compreensão da existência dos grupos e períodos na atual Tabela Periódica e sua relação com o número de eletrões de valência e nível de energia.
- Aplicação das regras de escrita da configuração eletrónica e relação do grupo e período com a mesma configuração.

Questões-chave a colocar aos alunos

1. *Será que as massas atómicas ou o número atómico relativos estão dispostos periodicamente?* Distinguir o conceito de *periódico* e por *ordem*.
2. *A que bloco pertencerá o hélio?*
3. *Porque será o hidrogénio colocado no Grupo 1? É um metal?*
4. *O número de níveis de energia condiciona as propriedades químicas do elemento?* Dois elementos do mesmo período podem ter propriedades químicas muito distintas, como por exemplo o sódio e o árgon.
5. Exemplificar a configuração eletrónica de vários elementos: *potássio, magnésio, oxigénio e néon*. Relacionar o nível de energia com o período e o número de eletrões de valência com o grupo. Chamar a atenção dos alunos para o facto de os eletrões de valência se poderem dividir por mais de um subnível.
6. *Será que um período pode conter metais e não-metais? E um grupo?*
7. *A partir de um ião podemos determinar a configuração eletrónica do átomo que lhe deu origem?*
8. O elemento X tem número atómico 23. Com base nesta informação, deduzir no quadro a localização do elemento na Tabela Periódica, a partir da sua configuração eletrónica.

Propostas para ultrapassar as dificuldades

1. Consulta da [Tabela Periódica da Royal Society of Chemistry](#) e verificar a existência de grupos, períodos, blocos, metais e não metais. Os alunos podem ainda verificar as configurações eletrónicas dos 118 elementos, para além de diversa informação.
2. Utilização da aplicação [Arts&Experiments](#) da Google para a Tabela Periódica e confirmar a distribuição dos eletrões por níveis de energia para os elementos.
3. Atividade *hands-on* “Introdução à Tabela Periódica”;
4. Realização de um *quiz* individual sobre Tabela Periódica e configuração electrónica da [Plataforma Aula Digital](#)
5. Trabalho autónomo em grupo com pesquisa sobre Consumo de Recursos e Sustentabilidade: com recurso à [Tabela Periódica da Sustentabilidade da EuroChemS](#).

Avaliação Formativa

- *Quiz*;
- Observação direta dos alunos na aula;
- Lista de observação e lista de verificação*.

Reflexão crítica

Foram alcançados os objetivos previstos e cumprida a planificação. Pese embora o ritmo da aula ter sido bom, alguns alunos manifestaram dificuldades de o acompanhar, por alegadamente, devido à Pandemia COVID 19, não lhes terem sido ministradas aulas de Química no ano anterior. Assim, os conceitos introduzidos como revisão, acabaram, para alguns alunos, por serem novos conceitos, aprendidos pela primeira vez. A utilização de meios digitais, como a plataforma da Google, Tabela Interativa da Royal Society of Chemistry e o Quiz, são instrumentos facilitadores do ensino-aprendizagem, já que são metodologias ativas e que tornam a aprendizagem significativa, a mais, numa disciplina tradicionalmente difícil de aprender.

A atividade hands-on permite a compreensão da organização da Tabela Periódica proposta por Mendeleev, sublinhando-se a importância do ensino da história da Tabela Periódica, que acompanhou o desenvolvimento da compreensão do átomo.

No trabalho investigativo pretendeu-se que os alunos desenvolvessem trabalho autónomo, em grupo, e que na perspetiva de uma sociedade de consumo, como a atual, avaliassem a Tabela Periódica da Sustentabilidade como instrumento de mudança nas suas vidas e na comunidade. Com progressivamente cada vez mais elementos químicos em risco de escassez, torna-se necessário sensibilizar os alunos para a consciência coletiva do recurso à reciclagem e reutilização de materiais manufacturados, sendo aliás a Educação Ambiental um dos domínios da Estratégia para a Educação em Cidadania.

Procurou-se nesta aula fazer uso de diversos recursos e metodologias de ensino com vista a desenvolver vários domínios do PASEO, encorajando os alunos a envolverem-se na aprendizagem de Química, desenvolvendo as competências previstas e aproximando os alunos da tecnologia.

*Lista de Verificação:

TRABALHO COOPERATIVO		SIM	NÃO
Pesquisa	Os membros colaboram entre si		
	As decisões são tomadas em conjunto		
	O grupo tem em atenção as sugestões e orientações da Professora		
Apresentação	Postura adequada		
	Mantém o contacto visual com a turma		

	Articula o discurso de forma clara		
	Necessita de apontamentos		

***Questões do Quiz:**
(adaptado de Leya, 2021)

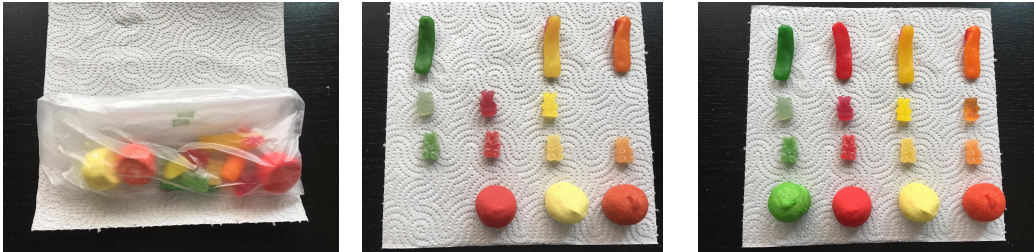
<p>Um átomo de um elemento da Tabela Periódica possui cinco elétrons de valência e apresenta três energias de remoção electrónica.</p> <p>Selecione a opção que completa a frase seguinte: “Na Tabela Periódica, este elemento situa-se...”</p> <p>a) ... no grupo 5, no 2º período e no bloco s. b) ... no grupo 15, no 5º período e no bloco s. c) ... no grupo 2, no 5º período e no bloco p. d) ... no grupo 15, no 2º período e no bloco p.</p>	<p>Um dado elemento possui 4 elétrons de valência e estes encontram-se no nível 2.</p> <p>Selecione a opção correta:</p> <p>a) O elemento encontra-se no grupo 12 da Tabela Periódica. b) O elemento encontra-se no período 4 da Tabela Periódica. c) O elemento encontra-se no período 2 da Tabela Periódica. d) O elemento encontra-se no grupo 4 da Tabela Periódica.</p>
<p>Considere os elementos magnésio (Z=12) e enxofre (Z=16).</p> <p>Selecione a opção correta tendo em conta a sua configuração electrónica.</p> <p>a) São ambos elementos de transição. b) O magnésio pertence ao bloco s e o enxofre ao bloco p. c) Pertencem a períodos diferentes da Tabela Periódica. d) Pertencem ao mesmo grupo da Tabela Periódica.</p>	<p>O ião Z^{2+} e o ião Y^{2-} apresentam a configuração electrónica seguinte: $1s^2 2s^2 2p^6$</p> <p>Selecione a opção correta:</p> <p>a) Os elementos X e Y são do mesmo período. b) O elemento Y é um metal e o Z é um não metal. c) O elemento Y pertence ao grupo 16 da Tabela Periódica. d) O elemento Z pertence ao grupo 18 da Tabela Periódica.</p>
<p>Considere o átomo $a23X$ em que a letra X não representa um símbolo químico. O átomo X possui um elétron de valência no terceiro nível de energia. Qual o grupo, período e bloco da Tabela periódica à que pertence o elemento X?</p> <p>a) Grupo 3, período 1, bloco s. b) Grupo 3, período 1, bloco p. c) Grupo 1, período 3, bloco s. d) Nenhuma das anteriores</p>	

***Atividade Consumo de Recursos e Sustentabilidade**

Objetivos	Com recurso à Tabela Periódica da Sustentabilidade da EuroChemS , resumir cinco ideias sob a forma de notícia, para apresentar e partilhar com os colegas no final da aula.
Tempo de duração estimado	15 minutos.
Recurso	Tabela Periódica da Sustentabilidade da EuroChemS
Procedimento	Pesquisa autónoma em grupo:

	<ul style="list-style-type: none"> • Explicar a importância do hélio em termos tecnológicos; • Explicar a posição especial do carbono, com 3 cores distintas; • Sabendo que os <i>smartphones</i> são usados em praticamente todo o mundo, elencar os seus constituintes; • O número de <i>smartphones</i> reciclados anualmente em Portugal e razoabilidade de os substituímos a cada 2/3 anos; • Uma vez que o lítio e o sódio são do mesmo grupo da tabela periódica, será possível ter baterias de sódio?
Conclusão	Discussão com os alunos acerca da necessidade da criação de semicondutores, da utilização de alumínio, cobre, ouro e prata nos dispositivos eletrónicos. Sensibilizar os alunos para a relação da sustentabilidade com a química.

***Atividade hands-on “Introdução à Tabela Periódica”**

Objetivos	Ordenar e organizar um conjunto de gomas segundo um modelo de propriedades: a analogia com a Tabela Periódica criada por Mendeleev.
Tempo de duração estimado	15 minutos.
Materiais	Gomas de quatro formatos (mínimo quatro cores diferentes, iguais entre si). Exemplo: cores (amarelo, laranja, vermelho e verde); formas (dedos, ursinhos sem açúcar, ursinhos com açúcar, pirâmides de açúcar). Papel absorvente. Saco de plástico.
Procedimento	<ol style="list-style-type: none"> 1. Preparar um saco de plástico para cada grupo contendo 13 gomas (das 16 gomas exclui-se 3 diferentes para cada grupo); 2. Em cima do papel absorvente, os alunos devem organizar as gomas livremente; 3. Assim que os alunos organizam as gomas por cores/formato de goma irão verificar a existência de espaços vazios.
Conclusão	Discussão com os alunos acerca da analogia criada entre a atividade <i>hands-on</i> e a organização estabelecida por Mendeleev para a Tabela Periódica, por número crescente do número atómico, e propriedades, espelhadas nos seus grupos e períodos, deixando espaços vazios para os elementos não conhecidos até à data.
Imagens ilustrativas da atividade	 <p>(1) (2) (conclusão)</p>

Referências:

Bayir, E. (2014). Developing and Playing Chemistry Games To Learn about Elements, Compounds, and the Periodic Table: Elemental Periodica, Compoundica, and Groupica. *J. Chem. Educ.* 91(4). 531–535.
<https://pubs.acs.org/doi/10.1021/ed400224g>

Cahyana, U., Paristiowati, M. & Fauziyah, S. (2018). Development of Android-Based Mobile learning media on Atomic Structure and Periodic Table. *IOP Conf. Ser.: Mater. Sci. Eng.* 434 012095.

Cosme, A., Lima, L. Ferreira, D. & Ferreira, N. (2021). *Metodologias, métodos e situações de aprendizagem: Propostas e estratégias de ação*. Porto Editora.

Direção Geral de Educação. (2018). *Aprendizagens Essenciais de Ciências Físico-Químicas do 9º ano do ensino básico*.

Direção Geral de Educação. (2018). *Aprendizagens Essenciais de Física e Química A do 10º ano do ensino secundário*.

DGE. (2017). Estratégia Nacional de Educação para a Cidadania.

<https://www.dge.mec.pt/estrategia-nacional-de-educacao-para-cidadania>

DGE. (2017). Perfil do Aluno à Saída da Escolaridade Obrigatória.

https://dge.mec.pt/sites/default/files/Curriculo/Projeto_Autonomia_e_Flexibilidade/perfil_dos_alunos.pdf

Paiva, J., Matos, M., Morais, C., Fiolhais, C. (2021). 10Q: Química 10º ano. Texto Editora.

Menezes, M. (2018). *STEM na aprendizagem da tabela periódica: Um trabalho com alunos do 9º ano*. [Relatório da Prática de Ensino Supervisionada, Mestrado em Ensino da Física e da Química no 3º Ciclo do Ensino Básico e no Ensino Secundário, Universidade de Lisboa, Instituto de Educação]. Repositório da Universidade de Lisboa.

<http://hdl.handle.net/10451/35809>

Suryelita, S., Guspatni, G., Defriati, P. (2019). Description of learning difficulties on atomic structure and periodic table topics of tenth grade students in SMAN 7 Padang. *J. Phys.: Conf. Ser.* 1317 012147.

Ward Science +. (2021). <https://www.wardsci.com/store/product/8883381/periodic-table-of-cookies-demonstration>

A.3 Planificação da Aula de Físico-Químicas 7º ano

PLANO DE AULA
Ano: 7º Turma 1 - Aula nº 4 - Data: 7/10/2021
Duração da aula: 90 min

Sumário

Teoria do Big Bang. Realização de trabalho de grupo

Objetivos de Aprendizagem

Aprendizagens Essenciais do 7º de escolaridade da disciplina de Ciências Físico-Químicas

Descrever a origem e evolução do Universo com base na teoria do Big Bang.

Áreas de Competências do Perfil do Aluno à Saída da Escolaridade Obrigatória (PASEO)

x	<i>Linguagem e Textos</i>	x	<i>Desenvolvimento Pessoal e Autonomia</i>
x	<i>Informação e Comunicação</i>		<i>Bem Estar, saúde e ambiente</i>
x	<i>Raciocínio e Resolução de Problemas</i>		<i>Sensibilidade estética e artística</i>
x	<i>Pensamento crítico e pensamento criativo</i>	x	<i>Saber científico, técnico e tecnológico</i>
x	<i>Relacionamento Interpessoal</i>		<i>Consciência e domínio do corpo</i>

Conhecimentos prévios dos alunos

De acordo com as AE da disciplina de Ciências Físico-Químicas 7º ano, os alunos dispõem, dos seguintes conhecimentos:

- Fases de Vénus: observações de Galileu suportam o modelo heliocêntrico de Ptolomeu, em oposição ao modelo geocêntrico.
- Construção do primeiro telescópio por Galileu, resulta em observações mais detalhadas, que suportam o modelo heliocêntrico de Copérnico.
- Evolução e importância dos telescópios.

Conceitos da aula

Teoria do Big Bang

- Conceito de ciência e teoria científica;
- *Teoria do Big Bang como a mais aceite, com base nas evidências experimentais para a explicação da origem e a evolução do Universo.*

Ações Estratégicas: métodos, estratégias, tarefas e recursos

Métodos e estratégias

- Método expositivo com o apoio do manual escolar e recursos digitais;
- Atividade *hands-on*, realizada pela Professora;
- Trabalho autónomo na realização de tarefas.

Recursos didáticos

- Manual escolar;
- Projetor multimédia;
- PC;
- Quadro branco;
- Canetas de quadro;
- Apagador;
- Plataforma *Teams* (para disponibilização dos recursos virtuais);
- Balão.

Monitorização para as Aprendizagens

Dificuldades prévias antecipadas

- Os alunos encaram o Big Bang como uma explosão de matéria num espaço vazio;
- Os alunos acreditam que o Universo tem um centro;
- Os alunos acreditam que a expansão está relacionada com descoberta de novas tecnologias.

Questões-chave a colocar aos alunos

1. *Quais são os princípios em que a Ciência se baseia?* Salientar a observação e experimentação e papel da tecnologia, reprodutibilidade da natureza e da ciência.
2. *De que modo a teoria do Big Bang explica a origem e a evolução do Universo?*
3. *Que outro nome se poderia dar ao Big Bang?*
4. *Porque será que apesar de haver tantas estrelas no céu, à noite não há luz?*
5. *O que tem vindo a acontecer às galáxias após a expansão inicial?*
6. *Como será o futuro do Universo? Continuará a expandir-se ou irá parar e contrair-se?*

Propostas para ultrapassar as dificuldades

1. Visualizar o vídeo: <https://www.stem.org.uk/rx33tf> e discutir com a turma.
2. Página web da [NASA](#) Cosmic Times sobre a Teoria do Big Bang: os alunos devem resumir os [principais acontecimentos](#) e descobertas científicas que levaram à postulação desta teoria, bem como destacar a evolução do conhecimento no que diz respeito à idade e tamanho do Universo. Salientar que apenas desde o início do século XXI é aceite a idade do Universo como 13,7 bilhões de anos.
3. Elencar as principais evidências que sustentam a Teoria.
4. Demonstrar com recurso a um balão e caneta colorida, a expansão do universo e o afastamento das galáxias. Esta atividade foi realizada unicamente pela professora devido à situação da Pandemia COVID-19.
5. Realizar a Atividade 1 e respetiva correção.
6. Realizar a Atividade 2 e respetiva correção.
7. Realizar a Atividade 3 e respetiva correção.
8. Preparação da Atividade 4.
9. **Realizar o resumo da aula: A Teoria do Big Bang** é atualmente a mais aceite pela comunidade científica sobre o início e a evolução do Universo. De acordo com esta teoria, o Universo teve início num ponto muito quente e denso que subitamente se expandiu. Esta teoria é sustentada pelas observações de **Edwin Hubble**, que permitiram concluir que as **galáxias estão em constante afastamento**.

Trabalho para casa

Realizar o inquérito da Atividade 4.

Avaliação Formativa

Observação direta dos alunos na aula.

Reflexão crítica

Foram alcançados os objetivos previstos e cumprida a planificação, embora a turma seja caracterizada por alunos com ritmos de aprendizagem diferente

Por um lado, a utilização de recursos digitais permite captar a atenção de alunos que muitas vezes se encontram desmotivados e distraídos e por outro, a utilização de metodologias ativas, como o trabalho autónomo, permite que os alunos se envolvam mais no trabalho em sala de aula. A utilização do cartoon permitiu ultrapassar algumas pré-concepções que os alunos já detinham sobre a origem do universo, nesta faixa etária. A metodologia hands-on, apesar de ter sido realizada unicamente pela professora, permitiu aos alunos finalmente visualizar o conceito de expansão.

Os alunos mostraram alguma relutância à realização da atividade 3, devido ao facto de terem de realizar o inquérito e teve de lhes ser explicada.

Procurou-se nesta aula fazer uso de diversos recursos e metodologias de ensino com vista a desenvolver vários domínios do PASEO, encorajando os alunos a envolverem-se na aprendizagem de Astronomia, desenvolvendo as competências previstas e aproximando os alunos da tecnologia.

Atividade 1

Título: O Big Bang segundo a Formiga

Objetivo: os alunos deverão analisar o *cartoon* e explicar o Big Bang de acordo com a analogia.

Descrição: A analogia inicia-se com um ponto infinitamente pequeno. Descreve uma formiga que vive num mundo sob a forma de balão 2D e que percorre o caminho entre os vários formigueiros. Os percursos entre os formigueiros vão se tornando cada vez maiores e a formiga interroga-se.



Atividade 2

Título: Balões conceptuais

Objetivo: os alunos deverão analisar os dois balões em cada um dos pontos e escolher a opção correta.

1.

No início, toda a matéria e energia estavam sequestradas num canto do Universo. Neste momento preenchem todo o Universo.

No início, o Universo estava reduzido a um ponto infinitamente pequeno com toda a sua energia e matéria. O Universo expandiu-se e a matéria e energia estão dispersas.

2.

O Universo tem arrefecido desde o Big Bang pois a sua energia escapou ao longo do tempo.

A radiação de fundo em micro-ondas é uma das observações experimentais que suporta a Teoria do Big Bang.

3.

Um dos problemas da teoria do Big Bang é que as estrelas mais antigas são mais velhas que o Universo em si.

Não, as estrelas mais antigas são mais novas do que o Universo.

3.

Todos os elementos excepto o hidrogénio, são feitos nas estrelas.

Não, o hélio também tem origem no Big Bang.

4.

Os astrónomos utilizam os telescópios para olhar para o tempo em que o Universo tinha uma idade menor.

Os astrónomos usam os telescópios para observar o local onde teve origem o Big Bang.

Atividade 2

Título: Espaços do Espaço

Objetivo: os alunos deverão preencher os espaços vazios com as seguintes palavras - **ARREFECEU, EXPANDIU-SE, UNIVERSO, 14 BILIÕES DE, CONCENTRADO, E. HUBBLE**

A Teoria do Big Bang é uma teoria de como o _____ começou, baseada nas observações de _____. Postula que, num determinado ponto, o Universo estava _____ num ponto infinitamente pequeno. O Universo tem aproximadamente _____ anos. O Universo _____ e _____ ao longo do processo, o que permitiu formar a matéria, ou seja tudo aquilo que conhecemos.

Atividade 3

Título: Conhecimentos da comunidade escolar sobre o Big Bang

Objetivo: Os alunos deverão realizar um inquérito à comunidade escolar, analisando os resultados sob o ponto de vista do conhecimento científico, utilizando para isso ferramentas estatísticas.

Instruções:

1. Cada aluno deverá realizar o questionário a dois amigos (ensino básico) e dois adultos (entrevistados).
2. Para cada uma das frases, o aluno deve registar se o entrevistado concorda (c) ou discorda (d).
3. No tratamento dos resultados o aluno(a) deve construir com a turma, um gráfico de barras que inclua os resultados das seis questões, ou seja o número de questões erradas de cada uma, para adultos e alunos.
4. Na análise de resultados, o(a) aluno(a) deve analisar quais as principais concepções erradas dos alunos e adultos, verificando se são diferentes.

	Adulto(a)	Adulto(a)	Aluno(a)	Aluno(a)
Frase	c/d	c/d	c/d	c/d
1. O universo teve um início				
2. Poderá haver mais que um universo				
3. Não existe nada para além de espaço vazio entre as galáxias				
4. É impossível saber o que se passou no início do Universo				
5. O universo encontra-se estável sendo infinito				
6. A Teoria do Big Bang contém a melhor explicação que os cientistas encontraram até agora				

Referências:

Aretz, S., Borowsky, A. & Schmeling, S. (2016). A fairytale creation or the beginning of everything: Students' pre-

instructional conceptions about the Big Bang theory. *Perspectives in Science* (10). 46–58.
<http://dx.doi.org/10.1016/j.pisc.2016.08.003>

Cosme, A., Lima, L. Ferreira, D. & Ferreira, N. (2021). *Metodologias, métodos e situações de aprendizagem: Propostas e estratégias de ação*. Porto Editora.

Direção Geral de Educação. (2018). *Aprendizagens Essenciais de Ciências Físico-Químicas do 7^o ano do ensino básico*.

DGE. (2017). Perfil do Aluno à Saída da Escolaridade Obrigatória.
https://dge.mec.pt/sites/default/files/Curriculo/Projeto_Autonomia_e_Flexibilidade/perfil_dos_alunos.pdf

Hewitt, P. (2012). *Conceptual Physics*. Pearson.

A.4 Ficha de Diagnóstico

Ficha de Diagnóstico - Física e Química

A - 10º ano

Energia e Movimentos - Física

* Obrigatório

* Este formulário irá registar o seu nome, por favor preencha seu nome.

1. "A energia é uma força". A afirmação é...

*

(10 Pontos)

Verdadeira

Falsa

2. "Um objeto que não se está a mover não tem energia". A afirmação é...

*

(10 Pontos)

Verdadeira

Falsa

3. "Não há destruição de energia quando esta é convertida nouro tipo de energia". A afirmação é...

*

(10 Pontos)

Verdadeira

Falsa

4. "A energia potencial gravítica é a única forma de energia potencial". A afirmação é...

*

(10 Pontos)

Verdadeira

Falsa

5. "Quando um objeto é deixado cair para o chão, a energia potencial gravítica não se transforma imediatamente, em energia cinética". A afirmação é...

*

(10 Pontos)

Verdadeira

Falsa

6. "Os seres vivos, humanos e animais, e os objetos, como tampos de mesa, exercem forças". A afirmação é...

*

(10 Pontos)

Verdadeira

Falsa

7. "A força gravítica que atua numa maçã é diferente da que atua na lua". A afirmação é...

*

(10 Pontos)

Verdadeira

Falsa

8. "Quando aplica uma força com a sua mão num objeto, a mão continua a exercer essa força no objeto, mesmo depois de haver contacto". A afirmação é...

*

(10 Pontos)

Verdadeira

Falsa

9. "O trabalho realizado pela força gravítica, num movimento descendente, tem valor negativo". A afirmação é...

*

(10 Pontos)

Verdadeira

Falsa

10. "O trabalho tem a direção do deslocamento do objeto". A afirmação é...

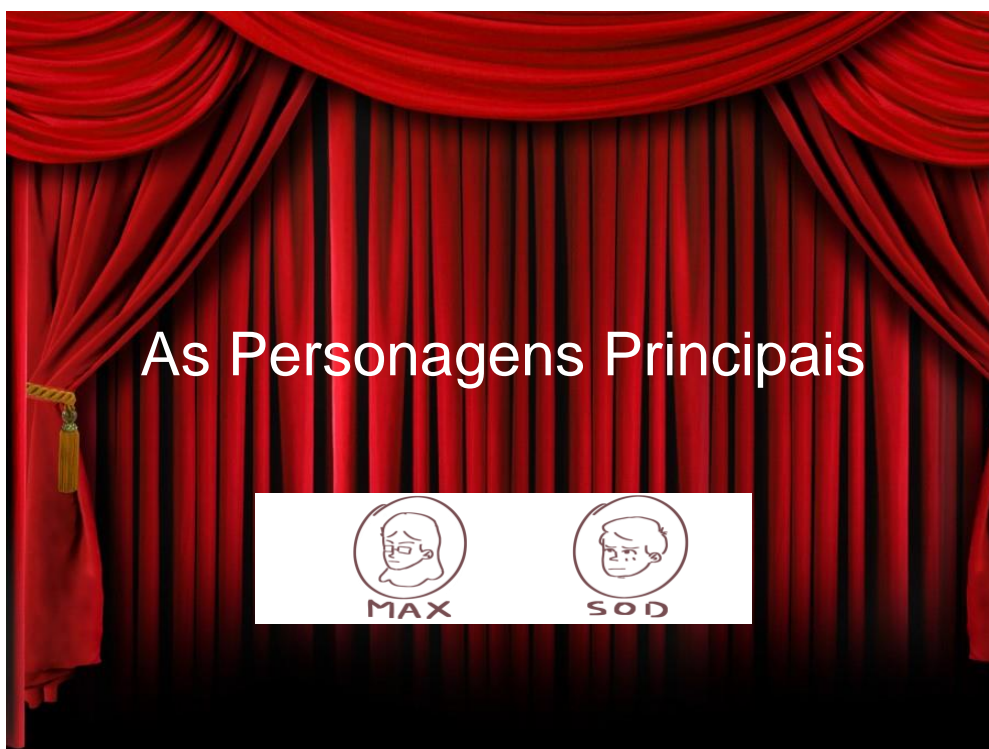
*

(10 Pontos)

Verdadeira

Falsa

A.5 *Storytelling* da Sequência didática





Tudo começa numa aula de Física, em que o tema é Energia e Movimentos...



Mais tarde, já em casa...

NÃO ENTRAS EM CASA EM QUANTO NÃO GASTARES TODA A TUA ENERGIA!

ESTÁS A DESPERDIÇAR ENERGIA!

A BOLA ESTÁ A PERDER FORÇA...

FORÇA E ENERGIA NÃO SÃO A MESMA COISA?

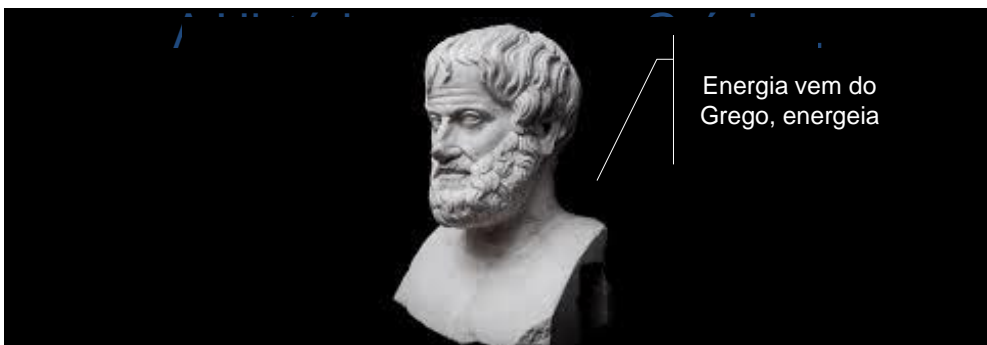
NÃO SE DIZ TRABALHO?

Explica agora, por palavras tuas, a diferença entre trabalho, força e energia.



“Talvez os dois momentos anteriores estejam relacionados...”

E depois deste pensamento, **Max** decide ler mais e mais, acerca de força, energia e trabalho.



...
personagens:
Salviati, um cientista brilhante, que encarna o próprio Galileu;
Sagredo, um homem prático e inteligente, que desempenha o papel de mediador;
e Simplicio, um simpático porém ingênuo defensor



LEIBNIZ, por sua vez, introduz o conceito de energia potencial, que se junta ao de energia cinética, então designada por “força viva”



Em consonância com a invenção da máquina a vapor, Thomas Young prefere usar o termo **energia** em vez de força viva, e traduz, pela primeira vez, o conceito para uma equação.





Mayer



Joule



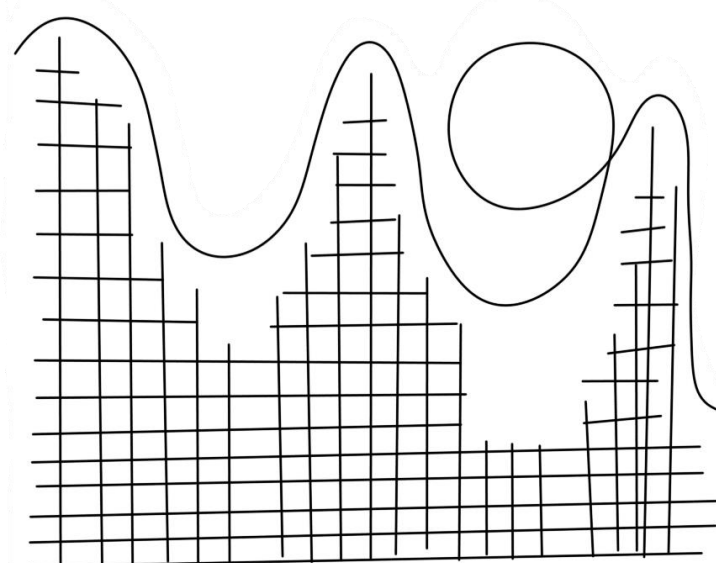
Colding



Helmholtz

Et voilà...
eis a **Lei da**
Conservação da
Energia como a
conhecemos!

No dia seguinte, Max e Sod vão
ao parque de diversões...





Numa das aulas seguintes, aborda-se o Teorema da Energia Cinética. Entre equações, constantes, incógnitas e muitas situações problemáticas, Max interroga-se...



À noite, Max imagina o mundo das partículas sub-atômicas...



Pequena,
pequenina, dá
de caras com
um eletrão
que viaja
rapidamente!

No CERN... a aprender o Teorema
da energia cinética



No dia seguinte, Max comenta
Sod o seu sonho.





A.6 Ficha de Trabalho nº 1

1. Observe o *cartoon* conceptual.
 - a. Preencha o espaço, explicando os conceitos de trabalho, força e energia.
 - b. Exemplifica várias formas de armazenamento de energia e de transferência de energia, já estudadas nos anos anteriores.
 - c. Comente as observações das personagens representadas.



ESTÁS A DESPERDIÇAR ENERGIA!

A BOLA ESTÁ A PERDER FORÇA...

FORÇA E ENERGIA NÃO SÃO A MESMA COISA?

NÃO SE DIZ TRABALHO?

Explica agora, por palavras tuas, a diferença entre trabalho, força e energia.

2. Compare as suas observações com as definições dadas na tabela seguinte.

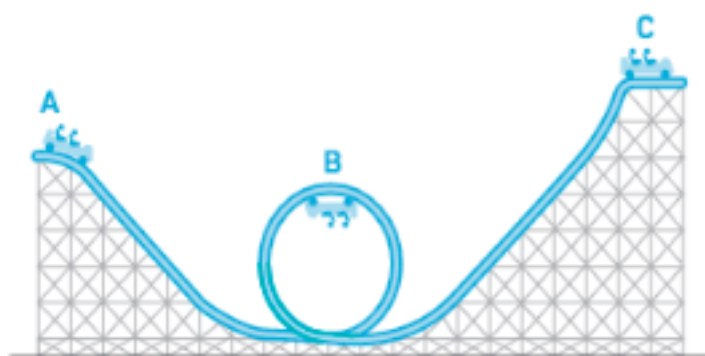
Conceito	Definição	Unidades
Força	Mudanças no movimento são causadas por forças. As forças podem ser de várias naturezas: gravitacional, elétrica, etc. As forças são representadas por vetores, que por sua vez contêm um ponto de aplicação, magnitude, direção e sentido. A resultante das forças será a soma vetorial das várias forças envolvidas. A força não é propriedade dos corpos, mas sim a causa da aceleração dos corpos.	N (Newton)
Energia	Energia é um conceito abstrato. Apercebemo-nos da existência de energia quando esta é <i>transferida</i> . Queremos estudar as <i>variações</i> de energia. Energia é simultaneamente um nome e um verbo, fazendo uma analogia com a gramática, existindo várias formas de armazenamento e de “caminho” (transferência). A energia conserva-se num sistema isolado.	J (Joule)
Trabalho	É o produto da componente da força, que atua na direção do movimento, pela distância que o corpo percorre sob a ação dessa força. Envolve um deslocamento do corpo, que traduz uma <i>transferência de energia</i> .	J (Joule)

A.7 Ficha de Trabalho nº 2

I

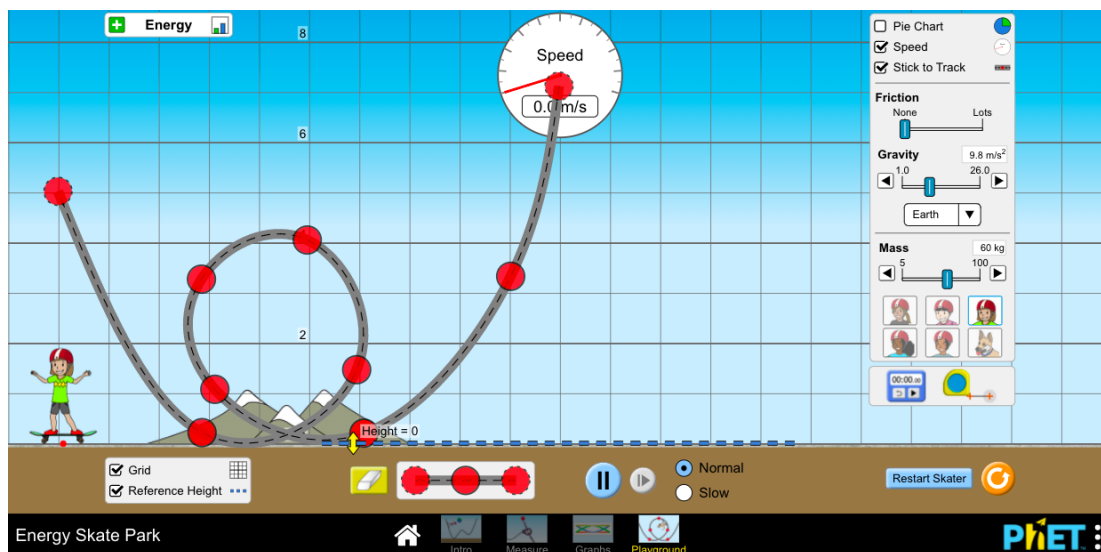
1. A Max e o Sod foram ao parque de diversões e decidiram experimentar a montanha-russa. A figura mostra, em perfil, o carrinho que parte do repouso, em A, a 27 m do solo. As posições B e C encontram-se, respetivamente, a 20 e 35 m do solo. Sabendo que as forças dissipativas são desprezáveis e que o *carrinho+ocupantes* são representados pelo seu centro de massa, utilize o guião para seguir passo-a-passo a resolução do problema.

Adaptado de Fiolhais, C. et al, 2021.



II

2. Aceda ao [simulador PHET](#) do *Skate Park*. Construa um percurso tal como indicado na figura e responda às questões.
 - a. Em que ponto a velocidade do/a skater é máximo? E mínimo?
 - b. O/a skater consegue atingir o último ponto (aproximadamente 6,5 m)?
 - c. Qual a altura máxima atingida pelo/a skater? Explique o seu raciocínio.
 - d. Supondo que a massa do/a skater + skate é igual a 45 kg, calcule a velocidade quando atinge a altura de 4 m e comprove esse valor no simulador.



Guião

Será que também se pode aprender Física no Parque de Diversões?

Max e Sod na montanha-russa "sem atrito"



SOD

Max, adorei andar na montanha-russa. E tenho a sensação de termos andado a uma velocidade supersónica!



MAX

Oh, Sod! Também adorei! Tenho a certeza de que não foi a uma velocidade supersónica...para comprovar podemos calcular a nossa velocidade em B. Em primeiro vamos escrever os dados:

$$\begin{aligned}v_0 &= 0 \text{ m/s} \\h_A &= 27 \text{ m} \\h_B &= 20 \text{ m} \\h_C &= 35 \text{ m}\end{aligned}$$



SOD

E as equações:

$$\begin{aligned}E_m &= E_p + E_c \\E_{mA} &= E_{mB}\end{aligned}$$

Mas... não sabemos a nossa massa...



MAX

Não precisamos... já vais ver! Há conservação da energia mecânica, lembra-te que desprezamos a existência de forças dissipativas!

Vamos então calcular:

$$\begin{aligned}E_{mA} &= mgh + \frac{1}{2}mv^2 = m \times g \times 27 \\E_{mB} &= mgh + \frac{1}{2}mv^2 = m \times g \times 20 + \frac{1}{2}mv_B^2\end{aligned}$$

Repara que em A, a nossa velocidade era nula, pois o carrinho estava inicialmente em repouso. Apenas tínhamos energia potencial gravítica.

Então, igualando as duas equações fica assim:

$$m \times g \times 27 = m \times g \times 20 + \frac{1}{2}mv_B^2$$



Mas temos duas incógnitas, Max!...



Não temos. Dividindo ambos os membros da equação por m , ficamos com:

$$\frac{m}{m} \times g \times 27 = \frac{m}{m} \times g \times 20 + \frac{1}{2} \times \frac{m}{m} \times v_B^2$$

$$g \times 27 = g \times 20 + \frac{1}{2} \times v_B^2$$



Sabes sempre tudo de matemática, Max!



És muito simpático, Sod!!

Vamos continuar? Vamos agora dividir ambos os membros por g :

$$\frac{g}{g} \times 27 = \frac{g}{g} \times 20 + \frac{1}{2g} \times v_B^2$$

$$27 = 20 + \frac{1}{2g} \times v_B^2$$

E agora, simplificar!

$$27 - 20 = \frac{1}{2g} \times v_B^2 \Leftrightarrow 7 = \frac{1}{2g} \times v_B^2 \Leftrightarrow 14 \times g = v_B^2$$



Agora já sei! Como:

$$g \approx 10 \text{ m/s}^2$$

$$14 \times 10 = v_B^2 \Leftrightarrow 140 = v_B^2 \Leftrightarrow v_B = \sqrt{140} \Leftrightarrow v_B = 11,83215757 \dots$$

Arredondando... usamos apenas dois algarismos significativos!

$$v_B \approx 12 \text{ m/s}$$



Boa, Sod!

E agora, uma pergunta difícil!...

Max... todas as perguntas de Física são difíiiiiiceis!



Não digas isso! A Física explica os acontecimentos do nosso dia-a-dia!

Então, sabes explicar-me porque não conseguimos chegar ao ponto C, quando iniciamos a montanha russa com velocidade zero?



Hum... Porque não tínhamos força?



Oh, Sod!... Nós usamos a força gravítica! Mas como há conservação da energia mecânica, a altura máxima que podemos atingir tem de ser igual à posição de partida, a posição A.

Repara que toda a energia potencial gravítica é transformada em energia cinética e vice-versa. Não te esqueças que estamos a desprezar a dissipação de energia...



Então, qual a velocidade com que tínhamos de partir para conseguir chegar a C?



Vamos calcular!

Partimos com uma velocidade inicial que não conhecemos e chegamos ao ponto C com uma velocidade final nula.

$$v_i = ? \quad v_f = 0 \text{ m/s}$$

$$\frac{1}{2}mv_i^2 + m \times g \times 27 = \frac{1}{2}mv_f^2 + m \times h \times 35$$



Já sei!... Dividimos ambos os membros por m!

E, sim, a energia mecânica em C é apenas igual à energia potencial gravítica, pois a velocidade é zero!

$$\frac{1}{2} \times \frac{m}{m} \times v_i^2 + \frac{m}{m} \times g \times 27 = \frac{m}{m} \times g \times 35$$

$$\frac{1}{2}v_i^2 + g \times 27 = g \times 35$$



Boa, Sod! Muito bem!

Podemos ainda dividir por g:

$$\frac{1}{2g}v_i^2 + \frac{g}{g} \times 27 = \frac{g}{g} \times 35 \Leftrightarrow \frac{1}{2g}v_i^2 + 27 = 35 \Leftrightarrow \frac{1}{2g}v_i^2 = 8$$



E agora é fácil:

$$\frac{1}{2g}v_i^2 = 8 \Leftrightarrow 2 \times g \times 8 = v_i^2 \Leftrightarrow 160 = v_i^2 \Leftrightarrow v_i \approx 13 \text{ m/s}$$



Uau!... 13 m/s são aproximadamente 47 km/h!

Vamos outra vez, Sod??

A.8 Ficha de Trabalho nº 3

I



A Max viaja até Genebra, na Suíça, para visitar o CERN. O Centro Europeu de Pesquisa Nuclear (português), mais conhecido pelo seu acrónimo, CERN, é uma das instituições científicas mais famosas do mundo. O CERN é mundialmente reconhecido pelos avanços científicos na área da física, muitos deles galardoados com prémios Nobel.

★ *Recorde que...*

O Teorema da Energia Cinética refere que o trabalho da resultante das forças (constante) que atua sobre uma partícula quando esta se move de um ponto 1 para um ponto 2 é igual à variação da sua energia cinética durante o deslocamento.

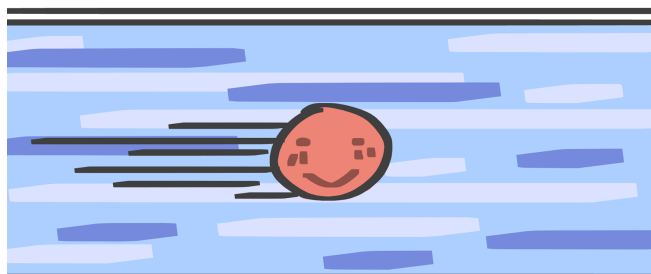
$$\Delta E_c = W \vec{F}_r$$

A partir desta equação, podemos ter três situações:

- , o movimento é uniforme.
- e o sentido do movimento é igual ao da resultante das forças.
- e o sentido do movimento é oposto ao da resultante das forças.

1. Observe a seguinte imagem e responda às questões:

No CERN... a aprender o Teorema da energia cinética



Imagina um eletrão a viajar à velocidade da luz. Colide mais à frente com a parede do acelerador de partículas.

A parede do acelerador vai exercer uma força no eletrão oposta ao sentido do movimento.

O eletrão perde a sua energia cinética, que é transferida para a parede do acelerador.

a) Em qual das situações i, ii ou iii, acima indicadas, se enquadra o eletrão?

b) Faça a legenda da força, explicitada na imagem e explique o seu significado.

c) Suponha que o eletrão viaja a uma velocidade que é 10% do módulo da velocidade da luz. Qual será a intensidade da resultante das forças que fará o eletrão parar numa distância de 1,0 km? (adaptado de Fiolhais, C. et al, 2021)

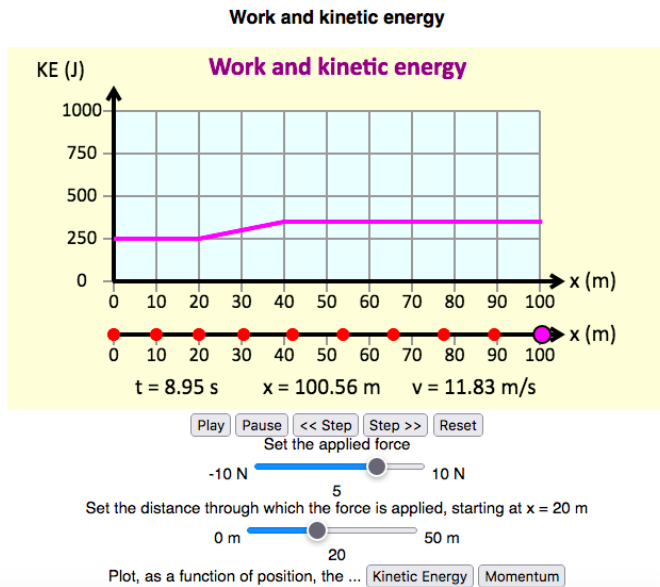
Dados:

$$c \approx 3,0 \times 10^8 \text{ m/s}$$

$$m_e = 9,1 \times 10^{-31} \text{ Kg}$$

II

2. Aceda à [simulação](#), cuja imagem se encontra abaixo, e responda às seguintes questões.



a) Clicando em “Play”, dá-se início à simulação. Assuma que antes da força ser aplicada, a $E_{ci} = 250 \text{ J}$. Qual será a massa do objeto?

b) Regule a força aplicada para 10 N para atuar numa distância de 50 m e clique novamente em “Play”. Através do Teorema da Energia Cinética, comprove que a força aplicada é de 10 N.

A.9 Ficha de Trabalho nº 4



FICHA DE TRABALHO (4): Física e Cidadania
FQ A - 10º ano
Fevereiro de 2022

1. Consulte o site do [CERN](#) e responda à seguinte questão:
 - a. Qual a sua principal área de atividade?

2. Observe a [imagem](#) e responda à seguinte questão:
 - a. Quais as principais contributos do CERN para a nossa sociedade?

3. O CERN publicou recentemente um [relatório ambiental](#), estando comprometido em tornar-se uma referência a nível mundial, em termos de sustentabilidade.
 - a. Mencione os indicadores referidos no relatório.

4. A nível global, menos de 30% dos investigadores, são mulheres. Que medidas sugeria ao CERN a fim de reduzir esta significativa desigualdade de género?

5. O nosso planeta enfrenta enormes desafios económicos, sociais e ambientais. A Agenda 2030 da ONU resulta do esforço conjunto de governos e cidadãos de todo o mundo, com vista à prosperidade de todos, protegendo o ambiente.
 - a. Veja com atenção o [vídeo](#) sobre os ODS.
 - b. Relacione os 17 Objetivos de Desenvolvimento Sustentável da [ONU](#) com as áreas de atuação do CERN e os seus contributos para sociedade preenchendo a tabela seguinte.

ODS	CERN
1-	
2-	
3-	
4-	
5-	
6-	
7-	
8-	
9-	
10-	
11-	
12-	
13-	
14-	
15-	
16-	
17-	

Referências



Sabia que?...
A World Wide Web foi inventada pelo cientista britânico Tim Berners-Lee em 1989, enquanto colaborador do CERN.



Bibliográficas:

CERN. (2021, Outubro 21). CERN Accelerating science.

<https://home.web.cern.ch/>

UNRIC. (2021, Outubro 21). Nações Unidas. Centro Regional de Informação para a Europa Ocidental.

<https://unric.org/pt/objetivos-de-desenvolvimento-sustentavel/>